الباب التاسع عشر

الكربون ومركباته

الكربون

ك = ١٢

وجوده

أن الكربون منتشر جداً فى الطبيعة ، فيوجد : -

(ا) متبلوراً على حالة إنفراد : الماس والجرافيت .

(ب) غير متبلور فى فحم الانثراسيت ، ويكون مختلطاً بموادعضوية لم يتم تحللها كلية .

(حـ) على حالة اتحاد فى الايدروجينات المكربنة المختلفة (أنواع البترول)

(ء) على حالة اتحاد مع الأكسيجين فى ثانى أكسيد الكربون (فى الجو) وفى كربونات المعادن المختلفة (كا ك ا$_{٣}$ ، مغ ك ا$_{٣}$ ، الخ) .

(هـ) فى أنسجة النبات والحيوان حيث يكون الكربون العنصر الأساسى فى المواد العضوية .

تآصله

للكربون النقى ثلاثة أشكال تآصلية وهى :

(ا) الماس : بلورات بيضاء شفافة ، كثافتها ٣,٥٠

(ب) الجرافيت : بلورات سوداء ، كثافتها ٢ — ٢,٢٥

(حـ) الكربون غير المتبلور : كثافته نحو ١,٨ .

وفضلا عن اختلاف الكثافة ، تمتاز الأشكال التآصلية المختلفة بتأثير

بعض العوامل المؤكسدة فيها ، فإن مزيج حامض الكبريتيك المركز وبيكرومات البوتاسيوم لا يؤثر فى الماس بينما يذيب الجرافيت والكربون غير المتبلور بتكوين ثانى أكسيد كربون . ولا يتأثر الماس بمزيج من حامض النتريك المتبخر وكلورات البوتاسيوم ، بينما يؤثر هذا العامل فى الكربون غير المتبلور ويحوله إلى (ك ا٢) ، ويؤثر أيضاً فى الجرافيت ويحوله إلى مادة متبلورة صفراء اللون تسمى بحامض الجرافيتيك graphitic acid (ك١١ يد٤ ا٥) (برودى - Brodie) .

يعتبر الجرافيت الحالة الأكثر ثباتاً للكربون ، فان الماس أو الكربون غير المتبلور يتحولان إلى جرافيت بتسخينهما فى القوس الكهربائى .

انواع الكربون

أنواعه الطبيعية

(ا) الماس

يوجد فى الهند والبرازيل وخصوصا فى أفريقيا الجنوبية : ويكون عادة عديم اللون وقد يكون ملوناً بلون أصفر أو وردى أو أزرق . وجدت عينات كبيرة منه ذات لون أسود ، تسمى بالكربونادو carbonado ؛ وهى لا قيمة لها كجواهر بل تستخدم لشدة جمودتها فى عمل أطراف المجسات التى تستعمل فى ثقب الصخور ؛ ويستعمل مسحوقها فى صقل أسطح الماس .

يتبلور الماس فى النظام المكعب وتكون كثافته ٣,٥ — ٣,٥٥ ، وهو موصل ردىء للحرارة والكهرباء ، جامد جداً فيستعمل لقطع الزجاج . يقاوم الماس فعل الحرارة إذا سخن بعيداً عن الهواء ويتحول إلى جرافيت فى حرارة القوس الكهربائى ولكنه يتحول إلى ثانى أكسيد كربون بتسخينه فى الهواء [١] .

(١) بين لافوازير بذلك أن الماس عبارة عن كربون نقى تقريباً

[عملت تجارب عديدة للحصول على الماس صناعيا ، فتمكن (مواسان ـ Moissan) من الحصول على بلورات منه بتبريد الحديد الزهر المسال المشبع بالكربون فجائياً ، إلا أن بلورات الماس المتحصل عليها كانت صغيرة جداً ولم يزد قطرها عن ٠,٥ مم]

(ب) الجرافيت

يوجد فى الصخور الجرافيتية ، فى سيبيريا خصوصاً ، وفى بوهيميا وسيلان ، ويستخرج منها نحو ٨٠٠٠٠ طنا سنوياً .

ويصنع الجرافيت [١] أيضاً بتسخين مخلوط من الرمل ومسحوق فحم الانثراسيت بواسطة التيار الكهربائى فى حرارة مرتفعة لمدة ٢٤ — ٣٠ساعة

$$\text{س}_1\text{ا}_2 + 3\text{ك} \longrightarrow \text{س ك} + 2\text{ك ا}$$

$$\text{س ك} \longrightarrow \text{س} + \text{ك (جرافيت)}$$

يتبلور الجرافيت فى النظام السداسى ، وهو يوجد فى الطبيعة عادة فى شكل حبيبات مفرطحة أو فى حالة مادة ليفية سوداء ناعمة (دهنية) ، تترك على الورق علامة سوداء لامعة . كثافة الجرافيت النقى ٢,٢٥ ، وهو موصل جيد للحرارة والكهرباء فيستعمل فى الأقواس الكهربائية وفى الأقطاب الموجبة فى حمامات التحليل الكهربائى . يحترق الجرافيت فى الهواء فى حرارة مرتفعة (٦٩٠°) . وهو لا يتأثر بالأحماض المخففة ولا بالقلويات المنصهرة ، ولا بتسخينه فى الكلور .

يستعمل الجرافيت الطبيعى فى عمل أقلام الكتابة ، ويستعمل الجرافيت الطبيعى والصناعى فى عمل الأقطاب الكهربائية ، وبعض أجزاء آلات توليد الكهرباء ، وكمادة تشحيم بعد مزجه ببعض المواد الدهنية ؛ ويستعمل أيضاً فى عمليات الطلاء المعدنى بالكهرباء لتغطية القوالب المكونة من الجبس لجعلها موصلة للتيار .

(١) Acheson process (Niagra)

(حـ) الانثراسيت

الانثراسيت خام طبيعى ، وهو أنقى أنواع الفحم الطبيعية حيث يعتبر الناتج النهائى لتحلل المواد النباتية المندثرة فى الأرض فى عدم وجود الهواء وتحت ضغط مرتفع ، ويحتوى على نحو ٨٧ — ٩٠ ٪ كربون . الانثراسيت عديم الشكل البلورى ، لونه أسود لامع ، كثافته ١,٣٠ — ١,٧٥ ، وهو كثير الاندماج ولا يشتعل بسهولة ، ولكنه يولد عندما يحترق حرارة مرتفعة فيستعمل كوقود فى المصانع .

(د) الفحم (الفحم الحجرى) Coal

ينتج - مثل الانثراسيت - من تحلل المواد النباتية ، وهو عديم الشكل البلورى ويدل شكله على الأصل الذى تكون منه (الخشب) ، كثافته ١,٢٥ — ١,٣٥ ، وتكون نسبة الكربون فيه ٧٨ — ٩٠ ٪

يستعمل الفحم كوقود ، ويقطر تقطيراً جافا لتحضير غاز الاستصباح وينتج من التقطير أمونيا ومواد متطايرة تستعمل فى صناعة المواد الملونة ، كما أنه يتبقى من التقطير نوع من الفحم يسمى فحم الكوك .

(هـ) اللجنيت lignite or brown coal

وهو أحدث تكوينا من الفحم وتكون نسبة الكربون فيه ٥٥ — ٧٥ ٪ ويدل شكله على الخشب الذى تكون منه بصفة ظاهرة . كثافته ١,٢٠ وهو يحترق بسهولة ؛ ويتحلل بتسخينه بعيداً عن الهواء إلى ايدروجينات مكربنة وماء وأول وثانى أكسيدى الكربون وحامض خليك وهو يلون محلول البوتاسة الكاوية الساخن بلون بنى .

أنواع الصناعية

وهى أنواع من الفحم تنتج من تحلل المواد الكربونية تحت تأثير الحرارة

(ا) فحم الكوك

يتج فحم الكوك من تقطير الفحم الطبيعى تقطيراً جافاً [١] ويستعمل فحم الكوك الناتج من مصانع غاز الاستصباح كوقود منزلى ؛ وأما فحم الكوك الذى تستخدمه الصناعات فيحضر من إحراق الفحم فى أفران خاصة تسمى بأفران فحم الكوك .

ويحتوى فحم الكوك على نحو ٩٠ ٪ من الكربون وهو لا يشتعل بسهولة .

(ب) كوك البترول

يقطر البترول الطبيعى لفصل المواد المتطايرة . فيتبقى سائل كثيف يسمى بالقطران (الزفت) وبتسخين هذا السائل فى حرارة مرتفعة ، تتصاعد منه ايدروجينات مكربنة وتتبقى مادة صلبة تسمى بكوك البترول . يستعمل هذا النوع (كربون نقى تقريبا) فى المعامل بدلا من فحم السكر ، وتعمل منه أنواع الفحم المتجمع [٢] التى تستعمل فى صناعة الأقطاب التى تستخدم فى الأفران والأقواس الكهربائية .

(حـ) فحم المعوجات retort carbon

يتكون عند أمرار الغازات المكونة من أيدروجينات مكربنة فى أنبوبة مسخنة للاحمرار ، حيث تتحلل هذه المركبات إلى أيدروجين (وأيدروجينات مكربنة أخرى فقيرة فى الكربون) وكربون يرسب على جدران الأنبوبة . ويحدث مثل هذا التحلل فى المعوجات التى تستعمل فى صناعة غاز الاستصباح حيث تصبح جدرانها العليا مغطاة بطبقة سوداء لامعة من هذا الفحم .

(١) ينتج الفحم الحجرى نحو ٦٠ — ٧٠ ٪ من فحم الكوك

(٢) agglomerated carbon [يسحق الفحم مع النوور (الهباب) ومواد قطرانية ويسخن]

وهو نوع نقى ؛ جامد ، له رنة ، موصل جيد للحرارة والكهرباء ، كثافته ٢ ولا يشتعل بسهولة . يستعمل فى تحضير الأقطاب الكهربائية .

(ء) فحم الخشب

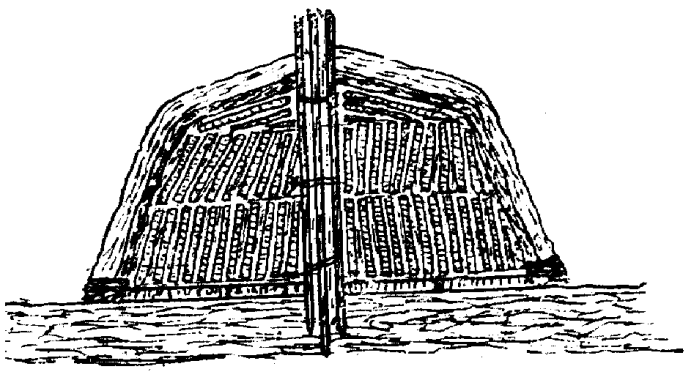
يتكون الخشب من مادة السليلوز خصوصا (ك$_{٦}$ يد$_{١٠}$ ا$_{٥}$)ن ، ويحتوى على ماء ومواد معدنية ، وبتسخين الخشب المجفف فى أناء مقفل ، تتصاعد منه مواد متطايرة (ك يد$_{٤}$ ، ك ا ، ك ا$_{٢}$ ؛ ك يد$_{٣}$ ا يد كحول الميثايل ، حامض ، خليك ، اسيتون ، قطران) وتتبقى مادة سوداء لا بريق لها وهى فحم الخشب.

يحضر فحم الخشب بطريقتين مختلفتين : —

(١) طريقة الكوم

تعمل مدخنة ترتب حولها جذوع الخشب (طولها ٤٠ سم) فى شكل كوم مخروطى ، ويغطى الكوم ببعض البواقى النباتية ثم بطبقة من التراب تعمل فيها من أسفل ثقوب لمرور الهواء نحو المدخنة الوسطى (شكل ٤٢) .

يشعل الكوم بادخال قطع مشتعلة من الخشب من قمة المدخنة ، وعندما يسير الاحتراق تسد المدخنة وتعمل ثقوب فى أعلا الكوم لخروج الغازات منها . فيتصاعد دخان كثيف فى ابتداء العملية ثم يصير الدخان شفافاً مزرق



(شكل ٤٢)

اللون ، ويدل ذلك على انتهاء التكربن فى مستوى الثقوب ، وتسد الثقوب حينئذ وتفتح ثقوب أخرى أسفل منها، وهكذا حتى يتم تكربن الخشب كله. تسد حينئذ جميع الثقوب ويترك الكوم حتى يبرد (٢٤ ساعـــة) ، فيهدم ويفصل فحم الخشب من القطع التى لم تتكربن كلية . تستغرق العملية ٥ ـ ٣٠ يوماً تبعاً لحجم الكوم ، وهى تشبه طريقة استخراج الكبريت (كالكارونى) حيث يستعمل جزء من الخشب لتحويل الجزء الباقى إلى فحم . يكون الانتاج نحو ٢٤ ٪ من وزن الخشب .

(٢) طريقة التقطير فى أوعية مقفلة

يجرى تقطير الخشب فى معوجات اسطوانية لا يدخلها الهواء ، وتكثف ناتجات التقطير السائلة ، بينما يستفاد من الغازات القابلة للاشتعال التى تتكون من التقطير فى تسخين المعوجات . تنتج المائة جزءاً من الخشب الجاف نحو ٢٥ جزءاً بالوزن من فحم الخشب ، ١٠ أجزاء من القطران ، ٤٠ جزءاً من حامض الخليك الخام Pyroligneous acid (به حامض خليك وكحول ميثايل وأسيتون) ، و ٢٥ جزءاً من الغازات .

فحم الخشب مادة سوداء تحفظ شكل الخشب الذى نتجت منه،وهو يطفو فوق الماء ولو أن كثافته عند اخلائه من الهواء تكون ١,٣ — ١,٩ ، وذلك لأنه كثير المسام . لا يتأثر فحم الخشب بالهواء والرطوبة ، وهو يمتص الغازات بسهولة ، فيمتص نحو ٩٠ ضعف حجمه من غاز الأمونيا . (يحضر نوع خاص من الفحم من قشور جوز الهند ، فيمتص الحجم الواحد منه نحو ١٧١ حجماً من غاز الأمونيا ، ١٠٧ حجماً من السيانوجين ، ٧٦ حجما من أكسيد النتروز ، ٧٠ حجما من أكسيد النتريك ، ٧٤ حجما من الأيثيلين الخ) ويمتص فحم الخشب أيضاً بعض المواد من المحاليل مثل الأملاح المعدنية ، القلويات العضوية ، المواد الملونة ، الخ.

[يحضر نوع من الفحم الفعال active charcoal فى الامتصاص بتسخين فحم الخشب فى درجة ٩٠٠° فى تيار محدد من الهواء أو البخار ؛ أو بجعل الخشب يتكربن بعد معاملته ببعض الأملاح مثل كلوريد الخارصين أو كلوريد المغنسيوم ، ثم فصل هذه الأملاح منه بغسله بالماء أو بالأحماض ، ويستعمل هذا النوع فى الكمامات للوقاية من الغازات السامة]

يستعمل (الفحم الفعال) أيضاً - كما يستعمل الفحم الحيوانى وفحم الدم - فى إزالة الألوان (الشراب السكرى فى مصانع السكر) وفى فصل المواد الغريبة (fusel oil) من الكحول أثناء تحضيره .

(هـ) الفحم المجتمع agglomerated charcoal

لا يمكن الاستفادة من الأتربة التى تتبقى من أنواع الفحم المختلفة (الفحم العادى الكوك ؛ الخ) فى الحريق ، فتمزج مع بعض المواد القطرانية لتكوين عجينة تضغط فى القوالب وتسخن بعيداً عن الهواء . تستعمل هذه الأنواع كوقود فى الغلايات ، وتعمل منها أقطاب البطاريات وأقطاب الأقواس الكهربائية .

(و) الفحم الحيوانى

يسمى أيضاً بفحم العظام ، ويحضر بتقطير العظام فى إناء مقفل . لا يحتوى هذا النوع أكثر من ١٠ ٪ من الكربون ؛ ويتكون خصوصاً من فوسفات وكربونات الكالسيوم . وهو يمتص المواد العضوية الملونة (يقصر لون محلول عباد الشمس ، والنبيذ ، الخ) فيستعمل فى الصناعة لإزالة الألوان .

(ز) النور (الهباب)

تحترق بعض المواد الغنية فى الكربون مثل الشمع والزيوت والراتنجات احتراقاً غير تام عندما تكون كمية الأكسجين التى تعرض اليها غير كافية

فتشتعل بلهب متفحم محمر اللون ، وبتعريض اللهب إلى جسم بارد يرسب عليه كربون مجزأ يسمى بالنوور . يحضر النوور عادة باحراق الزيت أو القطران أو النفثالين المنصهر بجعلها تتساقط نقطة فنقطة فى معوجة من الحديد مسخنة للاحمرار ومجهزة بانبوبة رفيعة تتصاعد منها الأيدروجينات المكربنة الناتجة من تحلل هذه المواد ، فتشتعل هذه المركبات فى حيز يكون به كمية محدودة من الهواء ، ويقاد النوور إلى حجرة ليتكاثف على جدرانها أو على قطع من القماش تعلق فيها .

يستعمل النوور فى صناعة حبر المطابع وحبر الصين وبعض أنواع البوية السوداء .

[يحضر نوع من النوور باشعال الأسيتيلين (ك$_{٢}$ يد$_{٢}$) فى اسطوانات من الصلب تحت ضغط ٤ جو ، وذلك بواسطة سلك من البلاتين مجهز بداخل الاسطوانة يسخن للاحمرار بالتيار الكهربائى . فيتحلل الأسيتيلين، ويسمى الكربون الناتج بنوور الأسيتيلين] .

(ح) فحم السكر

يحضر بتسخين سكر النبات للاحمرار فى بودقة فيتصاعد منه الماء وبعض المركبات الكربونية المتطايرة ، ويتبقى فحم منتفخ ينقى بتسخينه فى تيار من الكلور . وهو يستعمل فى المعامل إذ أنه يعتبر نوعا من الكربون النقى

خواص الكربون

ان أنواع الكربون الصناعية توصل الحرارة والكهرباء وتكون قوة التوصيل أقوى كلما كانت الحرارة التى حضرت فيها هذه الأنواع أكثر ارتفاعا ، وعلى ذلك لا تحترق أنواع الكربون المحضرة فى حرارة

مرتفعة بسهولة ، لأنه يحدث عند تسخينها فى موضع ما توزيع الحرارة إلى الكتلة كلها فلا يستمر احتراقها . وعلى عكس ذلك يستمر الاشتعال فى أنواع الكربون الرديئة التوصيل وخصوصاً فى أنواع الكربون المسامية

يتحد الفلور بالكربون فى درجة الاحمرار ، بتكوين فلوريد الكربون ، ولا يتفاعل الكلور والبروم واليود مع الكربون. يتحد الكربون بالأكسيجين فى حرارة تختلف باختلاف نوعه ويتكون أول أو ثانى أكسيد الكربون تبعاً لكمية الأكسيجين ، ويكون الكربون مع الكبريت كبريتيد كربون يتحد الكربون بالبورون والسليكون فى حرارة القوس الكهربائى .

يتكون غاز الأسيتيلين (ك$_{٢}$ ء$_{٢}$) باحداث قوس كهربائى بين قطبين من الكربون فى جو من الأيدروجين (برتوليه ـ Berthelot) ، ويتكون غاز الميثان (ك ء$_{٤}$) باتحاد الكربون والأيدروجين فى درجة ١٢٠٠ يتحد الكربون بالنيتروجين فى وجود القلويات بتكوين سيانيدات ، ويتحد بعدد كبير من الفلزات فى حرارة مرتفعة بتكوين كربيدات مثل كربيد الحديد .

يتفاعل الكربون خصوصاً مع المركبات الأكسيجينية ، فهو يختزل جميع مركبات الهالوجينات مع الأكسيجين . وبامرار بخار الماء على الكربون فى أنبوبة مسخنة للاحمرار يختزل الماء ويتكون مخلوط من الايدروجين وأول وثانى أكسيد الكربون (الغاز المائى) ويستعمل كوقود . يختزل الكربون الأكاسيد المعدنية فى حرارة مرتفعة وينحول إلى أول أو ثانى أكسيد كربون تبعاً لدرجة الحرارة . وهو يحلل غاز الأمونيا فى درجة الاحمرار :

ك + ٢ ن ء$_{٣}$ ← ن ء$_{٣}$ ك ن + ء$_{٢}$

لا ينصهر الكربون ، وهو عنصر ثابت فى أعلا درجات الحرارة التى أمكن الوصول اليها ، ولكنه يتطاير فى حرارة الفرن الكهربائى ويتبخر منه

جزء يكون قد تحول إلى جرافيت. لا يذوب الكربون فى المذيبات المعروفة، ويذوب فى الحديد الزهر المنصهر وبعض المعادن الأخرى المنصهرة، وبتبريدها يتكون بها أجزاء من الجرافيت. تكون جميع أنواع الكربون ثانى أكسيد كربون عند تسخينها فى تيار من الهواء.

الكربيدات

تسمى مركبات الكربون مع الفلزات بالكربيدات، والليثيوم هو المعدن الوحيد من المعادن القلوية الذى يتحد مباشرة بالكربون ($لى_٢ ك_٢$) ومن ضمن معادن الأراضى القلوية لا يتحد الكربون مباشرة إلا مع الكالسيوم ($كا ك_٢$)، وتحضر كربيدات الباريوم والاسترنشيوم بتسخين أكسيدها مع الفحم فى الفرن الكهربائى. يتحد الألومنيوم والحديد والكروم المولبدين والمنجنيز بالكربون ($لو_٤ ك_٣$، $ح_٢ ك$، $كر_٣ ك_٢$، $من_٣ ك$)، وتذيب المعادن الأخرى الكربون بدون تكوين كربيدات.

تحلل كربيدات بعض المعادن الماء بتكوين أيدروجينات مكربنة (ماعدا كربيدات الحديد والكروم والمولبدين): —

$$كا ك_٢ + ٢ ﻫ_٢ا \leftarrow كا (اﻫ)_٢ + ك_٢ ﻫ_٢ ^{(١)}$$

$$لو_٤ ك_٣ + ١٢ ﻫ_٢ا \leftarrow ٤ لو (اﻫ)_٣ + ٣ ك ﻫ_٤$$

مركبات الكربون مع الأيدروجين

يكون الكربون مع الأيدروجين مركبات عديدة تسمى بالأيدروجينات المكربنة منها ما يكون غازيا مثل الميثان والاسيتيلين، ومنها مايكون سائلا

(١) تتفاعل كربيدات المعادن القلوية ومعادن الأراضى القلوية بهذه الكيفية

مثل البنزين ، ومنها ما يكون صلباً مثل البرافين والنفثالين[1] . ومن أمثله الأيدروجينات المكربنة :

الميثان أو غاز المستنقعات (ك ١ د ٤) ، الأيثيلين (ك ٢ د ٤) ، الأسيتيلين (ك ٢ د ٢) والبنزول (ك ٦ د ٦) .

غاز الاستصباح

يحضر غاز الاستصباح بتقطير الفحم الحجرى ، وتتضمن صناعته العمليات الآتية : —

تقطير الفحم الحجرى

يجرى التقطير فى معوجات (من الفخار ذات غطاء من الحديد الزهر) تبلغ سعتها نحو ١٢٥ كجم من الفحم ، وتسخن كل ٥ — ٩ معوجات فى فرن بحيث تبلغ حرارتها نحو ٩٠٠°، فينتج من كل منها ٣٥ — ٤٠ م٣ من الغاز

تكثيف نواتج التقطير السائلة

يخرج من كل معوجة أنبوبة متصلة بقناة أفقية مملوءة إلى نصفها بالماء بحيث تكون أنبوبة التوصيل مغمورة فى الماء ، فتتكاثف فيه المركبات الأقل تطايراً وهى المواد القطرانية .

تستمر نواتج التقطير الغازية فى سيرها ، فتخرج من القناة وتمر فى جملة أنابيب رأسية (طولها ١٠ — ١٥ متراً) يسيل حولها الماء لتبريدها ، فتبرد الغازات ويتكاثف فى المستودع الذى يوجد بأسفل الانابيب سائل أمونيومى ومعه كمية من القطران . وبترك هذا السائل فى حالة ركود ينفصل إلى طبقتين

(١) تدرس هذه المركبات فى الكيمياء العضوية .

احداها مكونة من المواد القطرانية التى تستعمل فى استخراج البنزول (ك$_{٦}$ بد$_{٦}$) والنفثالين والفينول الخ والثانية مكونة من السائل الأمونيومى .

تمر الغازات بعد خروجها من الأنابيب المكثفة فى جهاز [١] يفصل منها ما يكون قد تبقى بها من المواد القطرانية .

غسل الغاز

تغسل الغازات بتمريرها فى جهاز الغسل حيث تقابل فى الاتجاه المنعكس تيار السائل الأمونيومى الآتى من أنابيب التكثيف والذى يفصل منها بقية الأمونيا وجزءاً من كبريتيد الايدروجين وأحماض الكربونيك والايدروسيانيك وبعض أبخرة كبريتيد الكربون التى توجد بها . وعلى ذلك يتكون فى السائل كربونات وكبريتيد أمونيوم [٢] الخ .

تنقية الغاز

ينقى الغاز بعد غسله بامراره على الجير المطفأ وعلى اكسيد الحديد الايدراتى لفصل ثانى اكسيد الكربون وكبريتيد الايدروجين : —

ك ا$_{٢}$ + كا (ا بد)$_{٢}$ ← كا ك ا$_{٣}$ + بد$_{٢}$ ا

٢بد$_{٢}$ كب + كا (ا بد)$_{٢}$ ← كا (بد كب)$_{٢}$ + ٢بد$_{٢}$ ا

٣بد$_{٢}$ كب + ح$_{٢}$ ا$_{٣}$ ← ح$_{٢}$ كب$_{٣}$ + ٣بد$_{٢}$ ا [٣]

---

(١) (Condensor (Pelouse & Audouin وهو شبه ناقوس ذو الواح مثقوبة تتحرك باستمرار ، فتنفصل حبيبات المواد القطرانية من الغازات بفعل الصدم المستمر .

(٢) يستعمل هذا السائل فى تحضير املاح الامونيوم وخصوصا سماد كبريتات الأمونيوم

(٣) بتعريض كبريتيد الحديد المتكون للجو يتحول ثانية الى اكسيد ويعاد استعماله

تفصل السيانيدات بإمرار الغاز على مزيج من كبريتات الحديدوز وقلوى حيث يتكون منها حديدوسيانيد [أو محلول من كبريتيد الأمونيوم فى الأمونيا يكون به مسحوق من الكبريت على حالة تعليق فيتكون ثيوسيانات الأمونيوم (ن هـ ٤ ك ن)] .

غاز الاستصباح مخلوط من غازات مختلفة تتوقف نسبها على نوع الفحم المقطر ودرجة حرارة التقطير . ويكون تركيبه الحجمى المتوسط كالآتى : —

ايدروجين	٤٣ — ٥٥ ٪	غازات غير مضيئة بل تنتج حرارة باشتعالها
ميثان	٢٥ — ٣٥ ٪	
أول اكسيد كربون	٤ — ١١ ٪	

ايثيلين، اسيتيلين، بنزول الخ ٢,٥ — ٥ ٪ غازات مضيئة

نتروجين	٢ — ١٢ ٪	شوائب
ثانى اكسيد كربون	٠ — ٣ ٪	
اكسيجين	٠ — ١,٥ ٪	

ويلزم ألا تزيد نسبة كبريتيد الايدروجين فى غاز الاستصباح عن ١ : ١٠٠٠٠٠٠٠

يمر غاز الاستصباح بعد تنقيته فى عداد لتقدير حجمه ثم يخزن فى خزانات كبيرة منكسة على أحواض مملوءة بالماء .

يستخرج من المعوجات بعد التقطير نوع من الفحم يسمى بفحم الكوك وهو ذو لون رمادى مسود ، مسامى ، ويكون به جميع رماد الفحم وكمية من الكبريت والنتروجين والأيدروجين والأكسيجين . يحتوى فحم الكوك على نحو ٨١ ٪ من الكربون .

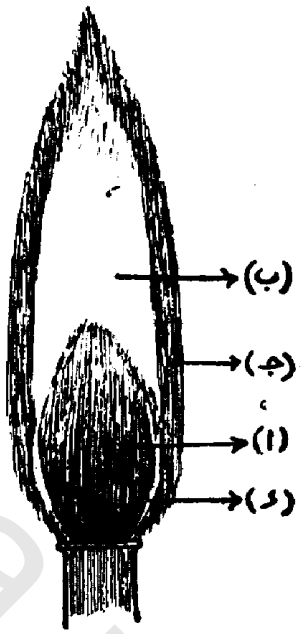
اللهب

اللهب عبارة عن منطقة يحدث فيها تفاعل كيميائى بين بعض الغازات يصحبه توليد حرارة وضوء ؛ فيحترق الحديد فى الأكسيجين مثلا بدون لهب . ويحترق الكربون فى الهواء فى حرارة منخفضة بدون لهب بينما يتكون عند احتراقه فى حرارة مرتفعة أول اكسيد كربون ويتكون اللهب عند احتراق هذا الغاز .

يتوقف تركيب اللهب على نوع الغازات المحترقة : — فان لهب الأيدروجين فى الهواء يتركب من منطقتين احداهما داخلية مكونة من الغاز غير المحترق والثانية خارجية وهى التى يحدث فيها التفاعل (٢ بد$_{٢}$ + ا$_{٢}$ ← ٢ بد$_{٢}$ ا) ؛ ويتركب لهب الأمونيا فى الأكسيجين من ثلاثة مناطق احداها داخلية (غاز غير محترق) ثم منطقة مصفرة اللون يحدث فيها التفاعل (٢ ن بد$_{٣}$ ← ن$_{٢}$ + ٣ بد$_{٢}$) ثم منطقة صفراء مخضرة اللون يحترق فيها الأيدروجين .

يحتوى لهب الأيدروجينات المكربنة (لهب شمع الاضاءة أو لهب غاز الاستصباح عند اشعاله فى قمة المصباح) على أربع مناطق : — (ا) منطقة مظلمة بها غازات غير محترقة (أو ناتجات تحلل الشمع) (ب) منطقة مضيئة يحدث فيها احتراق غير كامل فتتوهج أجزاء الكربون الدقيقة فيها (ح) منطقة خارجية ضعيفة الاضاءة يكون فيها الاحتراق تاماً نظراً لتوفر الأكسيجين ، (د) منطقة مزرقة اللون فى قاعدة اللهب (شكل ٤٣) .

وعند مزج غاز الاستصباح بكمية كافية من الهواء قبل الاحتراق ، كما يحدث فى مصباح (بنسن) مثلا ، فيحترق بلهب غير مضيء ويكون فى هذا اللهب منطقتان ظاهرتان احداهما داخلية ذات لون أزرق باهت يصغر حجمها كلما ازدادت كمية الهواء ، والثانية خارجية ذات لون مزرق باهت جداً .



(شكل ٤٣)

يبين الجدول الآتى درجات حرارة أنواع اللهب المختلفة : —

مصباح (بنسن) (هواء كافى)	١٨٧٠°	بورى غاز الاستصباح	٢٢٠٠°
لهب الكحول	١٨٢٦°	بورى اكسى ايدروجينى	٢٤٢٠°
لهب الايدروجين	١٩٠٠°	(القوس الكهربائى)	٣٧٦٠°
		(الشمس)	٧٨٠٠°

مركبات الكربون مع الأكسيجين

يعرف للكربون أكسيدان مهمان وهما أول أكسيد وثانى أكسيد الكربون.

أول أكسيد الكربون

تحضيره

يتكون عند احتراق الفحم فى كمية محددة من الهواء ، ويستدل من وجوده

ضمن الغازات المتصاعدة من الأفران على عدم توفر الهواء اللازم لاتمام الاحتراق ، وقد أشار (هوفمان) سنة ١٧١٦ إلى حدوث حالات تسمم من الدخان الناتج من احتراق الفحم وهى تنسب إلى أول أكسيد الكربون ويعلل تكوين أول اكسيد الكربون فى هذه الحالات عادة إلى اختزال ثانى اكسيد الكربون الذى يتكون من احتراق جزء من الكربون احتراقاً تاماً :-

$$ك + ا_٢ \rightarrow ك ا_٢ \quad \text{ثم} \quad ك ا_٢ + ك \rightleftarrows ٢ ك ا$$

ويحدث هذا الاختزال ببطء فى حرارة تكون أقل من ٨٠٠° وبسرعة فى درجة ١٠٠٠° أو أكثر .

يتكون أول أكسيد الكربون أيضاً :-

(ا) بتسخين حامض الفورميك أو حامض الأكساليك مع حامض الكبريتيك المركز (لامتصاص الماء المتكون) :-

$$بد ك ا ا بد \rightarrow ك ا + بد_٢ ا$$

$$(ك ا ا بد)_٢ \rightarrow ك ا + ك ا_٢ + بد_٢ ا \ (١)$$

(ب) بتسخين مسحوق حديد وسيانيد البوتاسيوم مع حامض الكبريتيك المركز :-

$$بو_٤ [ح (ك ن)_٦] + بد_٢ كب ا_٤ + ٦ بد_٢ ا \rightarrow$$

$$٢ بو_٢ كب ا_٤ + ح كب ا_٤ + ٣ (ن بد_٤)_٢ كب ا_٤ + ٦ ك ا$$

(جـ) بتسخين أكاسيد الحديد أو الخارصين أو المنجنيز مع الفحم :-

$$خ ا + ك \rightarrow خ + ك ا$$

(ء) بتسخين كربونات الكالسيوم أو الباريوم مع الفحم :-

$$با ك ا_٣ + ك \rightarrow با ا + ٢ ك ا$$

(١) تمرر الغازات فى محلول من البوتاسة الكاوية لامتصاص ثانى أكسيد الكربون .

(هـ) بإمرار ثانى أكسيد الكربون على مسحوق الخارصين أو إبرادة الحديد فى أنبوبة مسخنة للأحمرار : -

$$خ + ك ا_{٢} \leftarrow خ ا + ك ا$$

[يلاحظ أن التفاعل مع الكالسيوم أو المغنسيوم أو المعادن القلوية يؤدى إلى تكوين كربون : -

$$٢ كا + ك ا_{٢} \leftarrow ٢ كا ا + ك$$

$$٤ بو + ٣ ك ا_{٢} \leftarrow ٢ بو_{٢} ك ا_{٣} + ك]$$

(و) تحضر الصناعة مخلوطاً من (ك ا) و (ك ا$_{٢}$) و (ند$_{٢}$) يستعمل فى الحريق ويسمى بالغاز المائى ، وذلك بإمرار بخار الماء على فحم الكوك المسخن للاحمرار : -

$$(١) ك + ند_{٢} ا \rightleftarrows ك ا + ند_{٢} \quad (٢) ك + ٢ ند_{٢} ا \rightleftarrows ك ا_{٢} + ٢ ند_{٢}$$

وتكون نسبة أول أكسيد الكربون مرتفعة كلما ارتفعت الحرارة .

(ز) تحضر الصناعة أيضاً مخلوطاً من (ك ا) و (ن$_{٢}$) يستعمل فى الحريق ويسمى بالغاز الهوائى أو الغاز الفقير air gas or producer gas وذلك بإمرار الهواء على فحم الكوك المسخن للاحمرار .

خواصه

أول أكسيد الكربون غاز عديم اللون والطعم والرائحة قليل الذوبان جداً فى الماء ، يغلى فى درجة — ١٩١,٥° ، يتجمد فى درجة — ٢٠٠°، ويزن اللتر منه ١,٢٥٠٤ جم فى معدل الضغط والحرارة . وهو سام جداً حيث يكفى ١ سم^{٣} منه لكل حجم واحد من وزن الحيوان لاحداث الموت ، ويموت الحيوان إذا استنشق هواء به ١ : ٨٠٠ جزء بالحجم من أول أكسيد الكربون مدة نصف ساعة (يعلل فعله السام إلى اتحاده بهيموجلوبين الدم فيتكون مركب ثابت لا يحلله الأكسيجين ثانية يسمى بالكربوكسى هيموجلوبين) .

ينحل أول أكسيد الكربون بفعل الحرارة (٢ ك ا ⇌ ك ا$_{٢}$ + ك) ولكن يتولد من انحلاله حرارة شديدة تساعد على حدوث التفاعل العكسى [حيث أن أول أكسيد الكربون هو المركب الثابت فى الحرارة المرتفعة (١٠٠٠° فأكثر)] ، ففى درجات الحرارة التى لا تكون مرتفعة كثيراً يجب أن يكون انحلال الغاز كاملا ، ولكنه يبقى عادة فى حالة إتزان غير ثابت . ولأحداث الانحلال يحسن استعمال عامل ملامسة مثل الفحم المسامى وأكسيد الحديد (٤٠٠°) .

يتحد أكسيد الكربون بالكلور مباشرة تحت تأثير ضوء الشمس بتكوين كلوريد الكربونيل phosgene (ك اكل$_{٢}$) ، وهو غاز يتحلل بسهولة بمعاملته بالماء : ـ

ك اكل$_{٢}$ + ىد$_{٢}$ ا ← ٢ ىدكل + ك ا$_{٢}$

يشتعل أول أكسيد الكربون فى الهواء بلهب أزرق بتكوين ثانى أكسيد كربون ، ويتحد ببخار الكبريت بتكوين كبريتيد الكربونيل (ك اكب) ويتحد ببعض المعادن [1] مثل النيكل والحديد بتكوين مركبات مثل [فى (ك ا)$_{٤}$] .

أول أكسيد الكربون عامل مختزل شديد ، فيختزل محلول فوق منجنات البوتاسيوم المحمض وأملاح الذهب ونترات الفضة النشادريه بدون تسخين ، ويختزل معظم أكاسيد الفلزات بالتسخين : ـ

ح$_{٢}$ ا$_{٣}$ + ٣ ك ا ← ٢ ح + ٣ ك ا$_{٢}$

يمتص محلول الصودا الكاوية المركز أول أكسيد الكربون فى درجة

(١) يمرر تيار من الايدروجين على اكسيد المعدن المسخن لاختزاله ثم يمرر تيار من أكسيد الكربون

١٢٠° وتحت ضغط ٣ — ٤ جو بتكوين فورمات صوديوم (طريقة تحضير حامض الفورميك) : -

ص١ ا د + ك ا ← د ك ا ا ص

تركيبه

عين (برتوليه) تركيب أول أكسيد الكربون بالحجم بإشعال مخلوط منه مع الاكسيجين فى الأديومتر : - (٢ ك ا + ا٢ ← ٢ ك ا٢) فوجد أنه باستعمال ١٠٠ سم٣ من كل غاز ، يتبقى ١٥٠ سم٣ من مخلوط من الاكسيجين وثانى أكسيد الكربون ، وبرج هذا المخلوط مع البوتاسة الكاوية لامتصاص ثانى أكسيد الكربون يتبقى ٥٠ سم٣ من الاكسيجين : فيحتاج الحجم الواحد من أول أكسيد الكربون نصف حجم من الاكسيجين لتكوين حجماً واحداً من ثانى أكسيد الكربون . وبما أن ثانى أكسيد الكربون يحتوى على كمية من الاكسيجين تساوى حجمه ، فتكون نسبة الاكسيجين فى أول أكسيد الكربون تساوى نصف حجمه (١) .

وقدر (ستاس) تركيب أول أكسيد الكربون بالوزن بإمرار الغاز المخفف على أكسيد النحاس وجمع ثانى أكسيد الكربون المتكون فى أنابيب بها بوتاسة كاوية ؛ واستنتج من وزن أكسيد النحاس وأنابيب البوتاسة قبل وبعد التجربة وزنى الاكسيجين وثانى أكسيد الكربون . فوجد أن وزن الأكسيجين الذى انفصل من النحاس يساوى نصف وزن الأكسيجين فى كمية ثانى أكسيد الكربون المتكونة ؛ وعلى ذلك يحتوى أول أكسيد الكربون على ١٦ جم أكسيجين لكل ١٢ جم كربون ويكون رمزه (ك ا) .

مميزاته واستعماله

لا يعكر أول أكسيد الكربون ماء الجير ولكنه يحترق بلهب أزرق

(١) لا يمكن تقدير حجم بخار الكربون حيث ان كثافة بخاره مجهولة .

بتكوين (ك ا٢) فيعكر حينئذ ماء الجير . يمتص محلول كلوريد النحاسوز فى حامض الأيدروكلوريك أول أكسيد الكربون بتكوين (نح٢ كل٢ ، ك) ، ويؤثر الغاز فى محلول أكسيد الفضة النشادرى فيكسبه لوناً بنياً بدون تسخين ويكون فيه راسباً أسود اللون بالتسخين . يختزل الغاز خامس أكسيد اليود (ى٢ ا٥) ويفصل اليود منه . يستعمل الغاز المائى والغاز الهوائى (المحتويين على ك ا) كوقود فى الصناعة ، ولأول أكسيد الكربون عمل مختزل هام فى صناعات استخراج المعادن .

ثانى أكسيد الكربون

تحضيره

عين (لافوازير) تركيب ثانى أكسيد الكربون وسماه بحامض الكربونيك بعد أن أشار إلى قابليته للاتحاد بالقواعد لتكوين أملاح . يتصاعد هـذا الغاز من الأرض فى بعض الجهات [1] ، ويوجد فى بعض المياه المعدنية الطبيعية وفى الهواء الجوى بنسبة ٣ : ١٠٠٠٠ بالحجم ، وهو يتكون عند احتراق الفحم والمواد الكربونية ، وفى التنفس ، وفى تخمر المواد السكرية (صناعة النبيذ والبيرة) ، وفى تعفن المواد العضوية .

(ا) يحضر ثانى أكسيد الكربون فى المعمل بمعاملة الكربونات بالأحماض يستعمل عادة جهاز (كب) توضع فيه قطع من الرخام وتعامل بحامض الأيدروكلوريك المخفف : ـ

$$\text{كا ك ا}_3 + 2\ \text{يد كل} \leftarrow \text{كا كل}_2 + \text{يد}_2\text{ا} + \text{ك ا}_2$$

(لا يستعمل حامض الكبريتيك لأنه يكون حول قطع الرخام طبقة من كبريتات الكالسيوم تحول دون استمرار تأثير الحامض فيها ، ولكن يحتوى ثانى أكسيد الكربون فى هذه الحالة على قليل من غاز كلوريد الأيدروجين)

(١) Poison valley (Java) & Grotto del Cane (Naples)

(ب) يحضر ثانى أكسيد الكربون النقى بتسخين بيكربونات الصوديوم :ـ

$$٢ \text{ ص بد ك ا}_{٣} \longrightarrow \text{ص}_{٢}\text{ك ا}_{٣} + \text{بد}_{٢}\text{ا} + \text{ك ا}_{٢}$$

أو بفعل حامض الكبريتيك المخفف النقى فى كربونات الصوديوم النقية .

(حـ) تتحلل الكربوناتات بالتسخين الشديد إلى أول أكسيد وثانى أكسيد كربون ، ما عدا كربوناتات المعادن القلوية وكربونات الباريوم .

(ء) يتكون ثانى أكسيد كربون (مختلط بالنتروجين) بإمرار تيار من الهواء على فحم الخشب أو فحم الكوك المسخنين للأحمرار . (بإمرار الغازات المتصاعدة فى محلول مركز من كربونات البوتاسيوم ، تمتص هذه المادة ثانى أكسيد الكربون وتتحول إلى بيكربونات ، وبتسخين البيكربونات هذه يتحصل على ثانى أكسيد كربون نقى) .

خواصه

ثانى أكسيد الكربون غاز عديم اللون ، ذو رائحة ضعيفة وطعم حامضى ضعيف ، وهو يذوب فى الماء بنسبة ١ : ١ بالحجم فى درجة ١٥°[١] ؛ ويذوب فى الكحول بنسبة أكبر من ذوبانه فى الماء . كثافة الغاز ١,٥٢٩ فى درجة صفر ، فيمكن مثلا نقله من وعاء إلى وعاء آخر (مملوء بالهواء) بصبه فيه كما يصب الماء . يمكن اسالة ثانى أكسيد الكربون برفع الضغط وتخفيض الحرارة فيسيل تحت ضغط ٣٥ جوا فى درجة صفر ، وتحت ٥٤ جوا فى درجة ١٧° ؛ وهو يباع فعلا فى حالة سائلة فى اسطوانات من الصلب سعة كل منها ١٠ كجم وبتبخر السائل فى الجو يحدث انخفاض فى درجة الحرارة يكفى لتحويل ما يتبقى منه إلى الحالة الصلبة (ثلج الكربونيك)[٢] .

---

(١) تحتوى المياه الغازية (Aerated waters) على ثانى أكسيد الكربون مذاب فيها تحت ضغط ، ولا يتبع ذوبان (ك ا$_{٢}$) فى الماء قانون (هنرى) تماما إذ أن نسبة الذوبان تزداد بنسبة أقل من نسبة ارتفاع الضغط .

(٢) يستعمل مخلوط من الاسيتون وثانى أكسيد الكربون الصلب للحصول على درجات حرارة منخفضة جداً إذ قد يبلغ الانخفاض — ٨٥° .

يختزل الايدروجين ثانى أكسيد الكربون :-

$$ك ا_٢ + يد_٢ \rightleftarrows ك ا + يد_٢ ا$$

(فى درجة ٧٢٥° تكون نسب الغازات فى حالة الاتزان متساوية جزيئياً) .

ويختزله الكربون :-

$$ك ا_٢ + ك \rightleftarrows ٢ ك ا$$

(تساعد بعض العوامل اللسية كأكسيد الحديد فى حرارة مرتفعة على انحلال أول أكسيد الكربون ←) .

ويختزله الفوسفور والخارصين أيضاً إلى أول أكسيد كربون ؛ وقد تختزله بعض العناصر إلى كربون كما يحـــدث مثلا عند ادخال شريط مشتعل من المغنسيوم فى دورق مملوء بثانى أكسيد كربون حيث يستمر اشتعال الشريط بينما يرسب الكربون على جدران الدورق .

يتحد ثانى أكسيد الكربون بأكاسيد الفلزات بتكوين كربوناتات متعادلة وكربوناتات حامضية ، وفى الدرجة الاعتيادية لا يحدث الاتحاد إذا كان الغاز والأكسيد خاليين من الرطوبة .

(يختبر ثانى أكسيد الكربون بأمراره فى ماء الجير أو الباريت فيعكره لتكوين كربونات) .

ومن خواص ثانى أكسيد الكربون أيضاً عدم مساعدته على الاحتراق ، فتنطفىء الشمعة الموقدة عند ادخالها فى جو من الهواء يكون به ٢,٥ ٪ من ثانى أكسيد الكربون (رغم احتوائه على ١٨,٥ ٪ من الاكسيجين) ، ولذلك فانه يستعمل فى اطفاء الحرائق [١]

---

(١) أجهزة اطفاء الحرائق عبارة عن أوعية معدنية بها محلول من كربونات الصوديوم وأنبوبة من الزجاج أو زجاجة مملوءة بحامض كبريتيك . وعند قلب الجهاز ينصب الحامض فى محلول الكربونات ويندفع منه سائل محمل بثانى أكسيد الكربون .

لمحلول ثانى أكسيد الكربون فى الماء خواص حامضية ، فانه يحمر عباد الشمس ويظهر أن جزءاً من الغاز المذاب يكون قد اتحد بالماء بتكوين حامض كربونيك (بد٢ ك ا٣) ، وهو حامض ضعيف لا تزيد قوته عن $\frac{1}{5}$ قوة حامض الخليك ، وهو يتأين على دفعتين ويكون حينئذ نوعين من الأملاح (ص بد ك ا٣ ، ص٢ ك ا٣) .

عمل الفسيولوجى

لا يصلح ثانى أكسيد الكربون للاحتراق ولا للتنفس ، فيموت الحيوان بالاختناق عند ادخاله فى جو منه ، وينسب الاختناق إلى أن ارتفاع نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء المستنشق يمنع انفصال هذا الغاز من الدم الوريدى فى الرئتين . ويسهل اختبار صلاحية الهواء للتنفس من حيث نسبة ثانى أكسيد الكربون ، بادخال شمعة موقدة فيه فانها تنطفىء عند احتوائه على نسبة من الغاز تكون أقل بكثير من النسبة الخطرة .

تمتص جميع أجزاء النبات الخضراء [1] (المحتوية على كلوروفيل) ثانى أكسيد الكربون من الجو وتكون منه المواد التى تبنى منها أنسجتها ، فيتحول فى الأوراق تحت تأثير الضوء إلى مواد كربوايدراتية [2] ، وينفرد الاكسيجين ويمكن التعبير عن التفاعل بصفة اجمالية كالآتى : ـ

ن ك ا٢ + ن بد٢ ا + طاقة الضوء ← (ك بد٢ ا) ن مواد سكرية + ا٢

تركيبه

كان (لافوازير) أول من عين تركيب ثانى أكسيد الكربون ، فأدخل قطعاً صغيرة من الماس فى دورق مملوء بالاكسيجين منكس على الزئبق ، ثم أشعل الماس بتوجيه أشعة الشمس عليه بواسطة عدسة قوية ، فلاحظ بعد

---

(١) خصوصا الأوراق

(٢) Carbohydrates

التبريد أن حجم الغاز لم يتغير مهما اختلفت كميـــة ثانى أكسيد الكربون المتكونة ، واستنتج من ذلك أن ثانى أكسيد الكربون يحتوى على مقدار حجمه من الأكسيجين .

يمكن تعيين تركيب ثانى أكسيد الكربون بالوزن باحراق وزن معلوم من الكربون النقى فى الأكسيجين وتقدير وزن ثانى أكسيد الكربون المتكون. فيوضع نحو جرام واحـــد من فحم السكر النقى فى قارب صغير من الصينى ويوضع القارب فى أنبوبة طويلة من الزجاج المقاوم ويملأ نصفها بأكسيد النحاس (نح ا) وتثبت الأنبوبة أفقياً على فرن الاحتراق . ثم يوصل طرف الأنبوبة (من جهة القارب) بأجهزة تنقية الاكسيجين وهى مكونة من جملة أنابيب مملوءة بقطع من البوتاسة الكاوية ، ويوصل طرفها الآخر باجهزة امتصاص ثانى أكسيد الكربون من فقاعات [1] بها محلول مركز من البوتاسة الكاوية متصلة بأنبوبة مملوءة بكلوريد الكالسيوم . يسخن أكسيد النحاس فى الأنبوبة ويمرر فيها تيار بطىء من الأكسيجين ، ثم تسخن منطقة الأنبوبة التى بها الكربون فيحترق هذا إلى ثانى أكسيد كربون تمتصه أجهزة الامتصاص . يدل ازدياد وزن هذه الأجهزة على وزن ثانى أكسيد الكربون المتكون ، ومن هذا الوزن ووزن الكربون المستعمل يمكن تعيين تركيب ثانى أكسيد الكربون .

$$\frac{\text{وزن الكربون}}{\text{وزن أكسيد الكربون} - \text{وزن الكربون}} = \text{نسبة الكربون للاكسيجين}$$

عين (دوماس وستاس - Dumas & Stas) هذه النسبة بغاية الدقة فكانت :-

$\frac{٢٩٩٩٢}{٨٠٠٠٠}$ للجرافيت الطبعى $\frac{٢٩٩٩٥}{٨٠٠٠٠}$ للجرافيت الصناعى ، $\frac{٣٠٠٠٢}{٨٠٠٠٠}$ للماس

وعلى ذلك يكون رمز ثانى أكسيد الكربون (ك ا٢) .

---

(١) Potash bulbs توزن بدقة قبل تثبيتها .

وأما تركيب ثانى أكسيد الكربون بالحجم فيمكن تعيينه باحراق قطعة من الكربون النقى فى حيز مقفل مملوء بالاكسيجين فوق الزئبق [١] ؛ فيلاحظ بعد التبريد أن حجم الغاز لم يتغير . فيكون عـــدد جزيئات ثانى أكسيد الكربون المتكونة يساوى عـدد جزيئات الاكسيجين التى استعملت فى التأكسد ، أى أن الجزىء الواحد من ثانى أكسيد الكربون يحتوى على جزىء واحد من الاكسيجين . وبما أن الكثافة النسبية لثانى أكسيد الكربون تساوى ٢٢ ، فيكون وزنه الجزيئى ٤٤ ، ويحتوى هذا الوزن الجزيئى على وزن جزيئى واحد من الاكسيجين (٣٢) ، فيكون وزن الكربون (ك ا$_{٢}$) [٢] .

الكربوناتات

تسمى أملاح حامض الكربونيك بالكربوناتات ، وهى إما أن تكون أيدروجينية مثـــل (ص يد ك ا$_{٣}$) أو متعادلة مثل (ص$_{٢}$ ك ا$_{٣}$) [٣] ، والكربوناتات المتعادلة عديمة الذوبان فى المـاء ما عدا كربوناتات المعادن القلوية ، وجميعها يتحلل بفعل الأحماض فينفرد منها ثانى أكسيد الكربون (فوران) .

ثانى كبريتيد الكربون

ك كب$_{٢}$ = ٧٦,١٢

اكتشفه (و . ا . لامباديوس - W. A. Lampadius) عام ١٧٩٦ أثناء قيامه فى بحث فعل البيريتز pyrites على الكربون . وأعاد أكتشافه (كليمان

---

(١) يجرى اشعال الكربون بواسطة سلك من البلاتين يسخن كهربائيا .

(٢) لا توجد مركبات كربونية متطايرة يحتوى وزنها الجزيئى على أقل من ١٢ جزءاً من الكربون ، وعلى ذلك يكون الوزن الذرى للكربون (ك) والوزن الجزيئى لثانى أكسيد الكربون (ك ا$_{٢}$) .

(٣) يكون محلولها قلويا لحدوث تحليل مائى فيها .

وديسورمى – Clément & Désormes) سنة ١٨٠٢ . يتكون ثانى كبريتيد الكربون carbon disulphide بأمرار بخار الكبريت على فحم كوك مسخن للأحمرار :

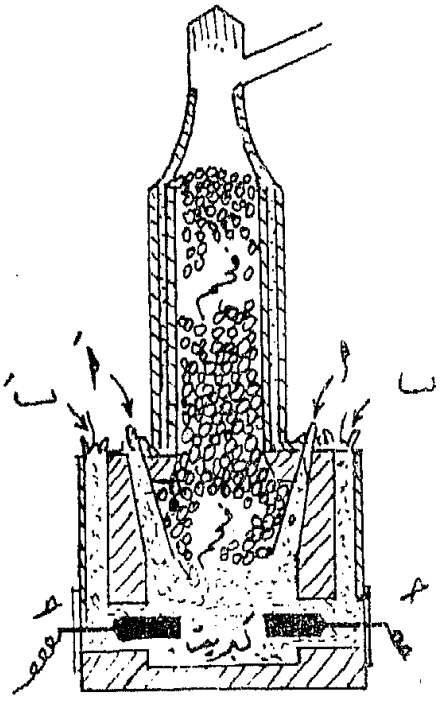
$$ك + ٢كب \longrightarrow ك كب_{٢}$$

وليس من السهل تحضيره فى المعمل وهو مادة هامة فى التجارة .

تحضيره فى الصناعة

يسخن الفحم فى معوجات رأسية من الحديد الزهر أو الفخار موضوعة فى فرن . تذيب حرارة الفرن الكبريت ، الموضوع فى أناء بالقرب من قاعدة المعوجة ، ويرتفع بخار الكبريت خلال الفحم المسخن للأحمرار فيتكون ثانى كبريتيد كربون يتصاعد إلى القمة فى صورة بخار يتكثف فى مكثفات طويلة (طولها ١٠ أمتار) .

وقد استبدلت المعوجات بأفران كهربائية ، ففى طريقة (تايلور – Taylor) الكهربائية يملأ فرن أسطوانى إرتفاعه ١٣ مترا تقريبا وقطره حوالى خمسة أمتار بفحم الكوك كما هو مبين فى (شكل ٤٣) . يحدد فحم الكوك من فتحتين (ا ، اَ) والكبريت من الفتحتين (ب ، بَ) . ومثبت بالقرب من قاعدة الفرن قطبين يمر فيهما تيار كهربائى متغير alternating curent . تذيب حرارة الفرن الكبريت الموضوع على أرضيته ، فتتصاعد أبخرة الكبريت وتمر خلال فحم الكوك بتكوين ثانى كبريتيد كربون .



(شكل ٤٣)
فرن (تايلور) لتحضير ثانى كبريتيد الكربون

تتصاعد أبخرة ثانى الكبريتيد إلى قمة الفرن وتخرج من فتحة جانبية بالقرب من القمة إلى مكثفات طويلة حيث يتكثف فيها . وتعتبر الطريقة الكهربائية هذه طريقة مستمرة عمليا ولا تفقد فيها الحرارة كطريقة المعوجات السابق ذكرها .

كبريتيد الكربون سائل عديم اللون ذو رائحة مميزة غير كريهة عندما يكون نقياً ، كثافته ١,٢٩٢ فى درجة صفر ، يغلى فى درجة ٤٦° ، قليل الذوبان جداً فى الماء ، ويذوب فى الكحول والأيثير . وهو يذيب كثيراً من المواد مثل اليود والكبريت والفوسفور والمطاط والمواد الدهنية .

يشتعل ثانى كبريتيد الكربون بسهولة ويحترق بلهب أزرق مكوناً ثانى أكسيد كربون وثانى أكسيد كبريت :- (ك كب$_{٢}$ + ٣ ا$_{٢}$ ← ك ا$_{٢}$ + ٢ كب ا$_{٢}$)، ويشتعل مخلوط من بخاره مع الأكسيجين بنسبة ١ : ٣ بحدوث انفجار شديد.

يشبه ثانى كبريتيد الكربون ثانى أكسيد الكربون فى التركيب وفى بعض الخواص ، فيتحد مثلا مع كبريتيدات المعادن القلوية بتكوين مركبات تشبه الكربونات تسمى بالثيوكربونات :-

ص$_{٢}$ كب + ك كب$_{٢}$ ← ص$_{٢}$ ك كب$_{٣}$

وتتكون هذه المركبات أيضاً بفعل كبريتيد الكربون فى أيدروكسيدات القلويات :-

٣ ك كب$_{٢}$ + ٦ بو ا د ← ٢ بو$_{٣}$ ك كب$_{٣}$ + بو$_{٢}$ ك ا$_{٣}$ + ٣ د$_{٢}$ ا

يستعمل ثانى كبريتيد الكربون كمذيب لاستخراج المواد الدهنية والزيوت العطرية ، وفى صناعة المطاط ، وكمطهر فى مقاومة أمراض النباتات .

السيانوجين

اكتشف (جاى - لوساك) السيانوجين [(ك ن)$_{٢}$] سنة ١٨١٤ ، وأشار إلى تشابه هذا المركب بالهالوجينات من حيث خواصه وخواص مركباته .

يحضر السيانوجين بتسخين سيانيد الزئبقيك المجفف تماما [1] : ـ

ـــ (ك ن)٢ ← ـــ + (ك ن)٢

أو بتسخين اكسلات الأمونيوم مع خامس أكسيد أو خامس كلوريد الفوسفور أو مواد أخرى تنزع منها الماء : ـ

(ك ا ا ن ند٤)٢ ← (ك ن)٢ + ٤ ند٢ ا

السيانوجين غاز عديم اللون ، ذو رائحة تشبه رائحة (ند ك ن) ويحدث التهاباً فى الأغشية المخاطية ، كثافته ١,٨٠٦ فى درجة صفر ، يذوب فى الماء ، ويشتعل بلهب قرمزى بتكوين نتروجين وثانى أكسيد كربون . وتعبر التفاعلات الآتية عن بعض خواصه الكيميائية : ـ

(ا) يتحد بالأيدروجين فى درجة ٥٠٠° بتكوين (ند ك ن)

(ب) يشتعل الصوديوم والبوتاسيوم الساخنان فى السيانوجين بتكوين سيانيدات .

(حـ) يتفاعل مع محاليل القلويات فى الدرجة الاعتيادية : ـ

(ك ن)٢ + ٢ بو ا ند ← بو ك ن + بو ا ك ن + ند٢ ا

---

(١) لمنع تكوين مركبات أخرى مثل حامض الايدروسيانيك والأمونيا وثانى أكسيد الكربون .