

الباب الخامس عشر

غاز ثنائي أكسيد الكربون

خواصه وفوائده — طرق تحضيره — غاز ثنائي أكسيد الكربون السائل — التلح الجاف

خواصه وفوائده

يعتبر غاز ثنائي أكسيد الكربون أو حمض الكربونيك، أول غاز عرف في الهواء، وكان يظن قديما أنه مادة منفردة الى ان أثبت العالم "لافوازييه Lavoisier" عام ١٧٨١، أنه مركب من الكربون والأكسجين .

وينبعث غاز ثنائي أكسيد الكربون على حالة منفردة الى الجو من الشقوق البركانية ، ومن بعض الوديان الغائرة التي كانت فيما سبق مهدا للبراكين ، كوادى الأموات^(١) في Java ، كما ينبعث من الابار والينابيع المعدنية .

ويوجد هذا الغاز في الأرض متحدا مع بعض العناصر المختلفة ، مكونا معها كربونات ، مثل كربونات الكالسيوم ، وكربونات المغنسيوم .

ويتولد حمض الكربونيك من اشتعال الحرائق ، ومن عمليات التنفس ، والتخمير ، وتحلل الحيوان والنبات ، كما يتولد من تفاعل الأحماض القوية مع المواد القلوية كالكربونات .

وهو عديم اللون والرائحة ، ذو مذاق لاذع وتأثير حمضي ، والحجم الواحد منه أنقل من الحجم المكافئ له من الهواء ١,٥٣ مرة تقريبا .

وتختلف درجة ذوبانه في الماء تبعا لاختلاف الضغط ، ففي الضغط الجوي المعتاد (١٥ رطلا على البوصة المربعة) ، ودرجة الحرارة العادية (١٥,٥ سنتجراد أى ٦٠ فهرنهايت) ، يذوب غاز ثنائي أكسيد الكربون في حجم مكافئ له من الماء ، فاذا زاد الضغط الى الضعف (أى ٣٠ رطلا على البوصة) ، ينص الماء ضعف ما امتصه من الغاز في المرة الأولى تقريبا ، واذا زاد الضغط ٣ مرات أى ٤٥ رطلا للبوصة ، ازداد امتصاص الماء للغاز ثلاث مرات وهكذا .

(١) تنشق أرض هذا الوادى من حين الى آخر ، فينبعث منها غاز ثنائي أكسيد الكربون ، ويسبب اختناق من صادفه ، ولهذا أطلق عليه اسم "وادى الأموات" .

كما تختلف درجة إذابته باختلاف درجات الحرارة ، فكلما ارتفعت الحرارة قلت درجة الذوبان ،
والعكس بالعكس . ويمكن توضيح ذلك من الجدول الآتي :

حجم الغاز بالنسبة الى الماء	درجة الحرارة
١,٨٠	٣٣
١,٦٥	٣٦
١,٥٤	٤٠
١,٤٢	٤٤
١,٣٤	٤٨
١,١٤	٥٢
١,٠٠	٥٦
٠,٩٦	٦٠
٠,٩٣	٦٤
٠,٩٠	٦٨

ويتبين مما سبق أن الماء الذي درجة حرارته ٣٣ فهرنهايت ، امتص من الغاز ضعف ما امتصه
الماء الذي درجة حرارته ٦٨ فهرنهايت .

ويدخل غاز ثاني أوكسيد الكربون في عدة صناعات أهمها :

- (١) صناعة المياه الغازية و بعض المشروبات الروحية .
- (٢) « السكر لتنقية عصير القصب بعد معالجته بالجير .
- (٣) « النبيذ حيث يستعمل مادة حافظة تحول دون فساده .
- (٤) صناعة الخماثر مثل مسحوق "باكنج بودر" .
- (٥) « الناج الجاف .
- (٦) تزويد الطائرات به ، لاطفاء الحرائق التي يحدثها .

تحضير غاز ثاني أوكسيد الكربون

يحضر غاز ثاني أوكسيد الكربون بإحدى الوسائل الآتية :

- (أ) بتفاعل الأحماض القوية مع الكربونات والبيكربونات .
 - (ب) من احتراق الفحم ، والماسزوت ، أو أى مادة قابلة للاحتراق .
 - (ج) من الشقوق الأرضية ، ومن احتراق أحجار الرخام والذئبش للحصول على الجير اللازم للبناء .
 - (د) بواسطة اختار المواد السكرية .
- وستناول شرح كل واحدة منها بإيجاز .

(أ) تحضيره من الكربونات والبيكربونات

تختلف المواد الأولية اللازمة لتوليد الغاز بهذه الطريقة ، تبعاً لاختلاف الجهات والأجهزة المستعملة ، ففي أمريكا مثلاً تسود عملية توليده من تراب الرخام الأبيض الخشن ، ويفضل في إنجلترا توليده من بيكربونات الصوديوم ، في حين أن بعض الدول الأخرى تستخدم في ذلك كربونات الكالسيوم ، وكربونات المغنسيوم ، وحجر الجير ، وغير ذلك .

ويتولد الغاز من هذه المواد بتفاعلها مع أحماض خاصة أهمها :

(١) حمض الكبريتيك المركز ، ويؤلف في الأسواق زيت الفيتريول Oil of Vitriol

(٢) « الكلوردريك » « حمض الميورياتيك Muratic Acid .

ويشترط في هذه الأحماض أن تكون بحالة نقية ، خالية من الزرنيخ والشوائب الأخرى التي تكسب الغاز رائحة غير مقبولة وتفسد طعمه .

ولما كان الغاز الناتج من استعمال حمض الكلوردريك يكون عادة مشوباً ، وتصبح إزالة الشوائب منه حتى بعد غسله بالماء ، فإن الأفضل استعمال حمض الكبريتيك .

وأكثر الكربونات المستعملة في الوقت الحاضر ، هي كربونات الكالسيوم ، وبيكربونات الصوديوم ، وسنبين فيما يلي الطريقة المتبعة في توليد الغاز من كل منهما :

١ - كربونات الكالسيوم :

المقادير

كربونات الكالسيوم .	...	...	...	...	٣٠ رطلاً من
حمض الكبريتيك المركز .	...	...	...	...	٢٥ - ٣٠ رطلاً من
الماء .	...	...	...	...	١٠ جالونات من

وينتج مما سبق من الوجهة النظرية عشرة أرطال من غاز ثنائي أوكسيد الكربون ، غير أن وزنها الفعلي يقل عن ذلك ؛ بسبب ما يوجد فيها من الرطوبة وبعض الشوائب .

طريقة العمل — يوضع الماء أولاً في جهاز توليد الغاز Generator (شكل ١) من الصورة رقم ١٦) ، وبعد ذلك تضاف اليه الكربونات ؛ مع استمرار التقليب إلى أن يتكوّن منها مستحلب ، ثم يضاف الحمض تدريجياً ، حتى لا ترتفع درجة الحرارة ويشتد التفاعل فيتلف جهاز التوليد ، ولذلك زودت أجهزة توليد الغاز بآلات أوتوماتيكية تنظم صب الحمض على الكربونات بالكميات اللازمة الملائمة التي لا ينجح عنها حدوث أى تلف للجهاز .

وتوليد الغاز من كربونات الكالسيوم له عدة مساوئ نذكر منها :

- (١) كثرة ما يستهلك من الحمض والكربونات .
- (٢) كثرة ما ينفق في شحن هذه المواد إلى المصانع مع كبر الحيز الذي تشغله عند حفظها أو تخزينها .
- (٣) إنتاج غاز مشوب إذا كانت الكربونات غير نقية .
- (٤) كثرة الاختبارات^(١) الواجب إجراؤها ، لضبط كمية الحمض اللازمة للكربونات ، لاختلاف تركيبها

٢ — بيكرونات الصودا :

المقادير	
٢٠ رطلاً من	بيكرونات الصودا .
١٢ رطلاً من	حمض الكبريتيك المركز .
٣ جالونات من	الماء .

وينتج مما سبق من الوجهة النظرية عشرة أرطال من غاز ثنائي أوكسيد الكربون ، ويمكن الحصول على ٩٩٪ من هذا الوزن كمنتجات صاف خال من الشوائب . ويراعى في إنتاجه النظام الذي اتبع في توليده من كربونات الكالسيوم .

(١) للتحقق من ضبط كمية الحمض اللازمة للتفاعل يجري اختبار تقريبي يتبع فيه ما يأتي :

تؤخذ أوقية من المزيج الموجود في جهاز توليد الغاز، و يضاف إليها كمية من الماء تقدر بنحو بانيت واحد ، ويمزج الاثنان مزجاً جيداً ، حتى يتكوّن منهما محلول تجرى عليه العملية الآتية :

(أ) يقسم المحلول إلى جزأين ويضاف إلى أحدهما قليل من الكربونات ، فإذا حدث فوران دل ذلك على استعمال كميات من الحمض تزيد على الكمية المطلوبة للتفاعل .

(ب) تضاف إلى الجزء الثاني من المحلول كمية صغيرة من الحمض ، فإذا حدث فوران دل ذلك أيضاً على استعمال كميات زائدة من الكربونات .

ومن وزن الكميات التي تضاف من الحمض أو من الكربونات يمكن ضبط الكمية الواجب استعمالها من كل منهما في توليد الغاز .

وتعتبر بيكربونات الصودا من أكثر المواد استعمالاً من قديم الزمان ، وما زال استعمالها مفضلاً إلى الآن للأسباب الآتية :

- ١ — زيادة ما تنتجه من غاز ثاني أكسيد الكربون عن أية مادة أخرى .
- ٢ — يمتاز الغاز الناتج منها بالنظافة نسبياً عن أية مادة أخرى .
- ٣ — يمكن الاستفادة من المتخلف من محلول بيكربونات الصودا في جهاز توليد الغاز ، بتحويله إلى بلورات تتداول في الأسواق باسم سلفات الصوديوم Sodium Sulphate ، وتعزف عادةً بأملاح جلوبر Glauber's Salts ، ويقدر الناتج من هذه البلورات بنحو ٣٧,٥ رطلًا .
- ٤ — الاقتصاد في استعمال المواد الأولية ، كما يشاهد من الموازنة الآتية ؛ لإنتاج طن واحد من غاز ثاني أكسيد الكربون تلزم المقادير الآتية :

بطريقة بيكربونات الصوديوم	بطريقة كربونات الكالسيوم
بيكربونات ٢ طنان .	كربونات ٣ أطنان .
حمض ١ طن و ٤ هندردويت .	» ٣ »
ماء ٣ أطنان .	» ١٠ »

ويتبين من ذلك أن استعمال طريقة بيكربونات الصوديوم أقل نفقة .

(ب) تحضيره من الفحم والمازوت

ينبعث غاز ثاني أكسيد الكربون من اشتعال أى مادة قابلة للاحتراق ، مع غازات أخرى ، ويبلغ حجمه منها بنحو الثلث تقريباً .

ويمكن الانتفاع بهذا الغاز كمنتجات ثانوى لمصانعنا التي تستهلك كميات كبيرة من الوقود في إنتاجها ، ولكن نظراً لقلته استعماله في الأغراض الصناعية في بلادنا ، فقد غرض النظر عن جمعه وتركه ليتسرب إلى الهواء .

وقد أنشئت في القطر المصري عام ١٩٣٣ مؤسسة ^(١) لتحضير غاز ثاني أكسيد الكربون من الفحم ، وكان التوفيق حليفها فعمرت الأسواق المحلية بمنتجاتها من الغاز السائل والتلج الجاف . على أن الظروف الدولية الحاضرة كان لها تأثير سئ في توافر الفحم ، وعلى ذلك فقد استبدل به المازوت .

وتكاد تكون طريقة توليد الغاز من الفحم والمازوت واحدة فهي تتلخص في الآتى :

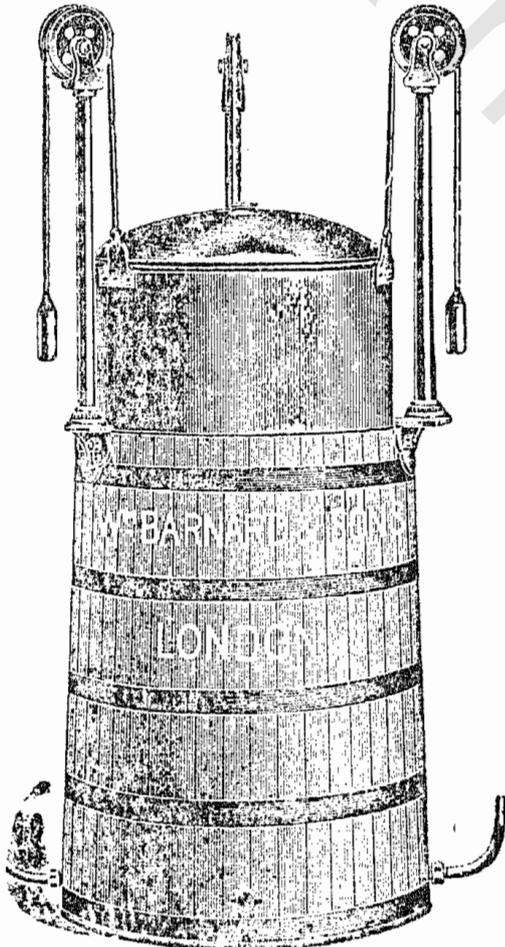
- ١ — يحمق الفحم أو المازوت في مراحل خاصة ، فتنبعث الغازات الناتجة من عملية الاحتراق إلى مدخنة المرجل .

(١) شركة كاربا Carba في نهر الاسكندرية .

٢ - بالنسبة لإحكام سد المدخنة تتجمع الغازات داخلها دون أن تتسرب إلى الهواء، فتسحب منها بواسطة مراوح كهربية إلى صراجل (قزانات) مملوءة بالماء في درجة الحرارة الاعتيادية حيث يتم غسلها .

٣ - تسحب الغازات من صراجل المياه السابقة بواسطة مراوح كهربية أيضا إلى Absorbion Towers، حيث تمرر على محلول من كربونات البوتاسيوم الذي له خاصية امتصاص فاز ثاني أكسيد الكربون فقط مكونا معه بيكربونات البوتاسيوم، بينما تخرج الغازات الأخرى وغاز ثاني أكسيد الكربون الذي لم يتم اتحاده مع محلول كربونات البوتاسيوم من منفذ خاص . وأهم ما يجب ملاحظته أن تكون درجة تركيز محلول كربونات البوتاسيوم ١٩ بوهيه ، وكلما قلت درجة التركيز عن ذلك بتأثير عملية الامتصاص تضاف كمية أخرى من البوتاسا إلى المحلول

٤ - إذا سخنت البيكربونات الناتجة من اتحاد غاز ثاني أكسيد الكربون وكربونات البوتاسيوم تسخيننا شديدا إلى درجة الغليان ، انفصل الغاز عن الكربونات ، وبذا يسهل جمع الأول ، أما كربونات البوتاسيوم المتخلفة فيمكن استعمالها مرة ثانية وهكذا .



(صورة رقم ٨)
جهاز جمع الغاز " الجازوميتر "

وعلى ذلك فبعد عملية الاتحاد تنقل بيكربونات البوتاسيوم إلى أحواض خاصة حيث تسحب منها بواسطة مضخات إلى صراجل التسخين ، فتسخن البيكربونات أولا تسخيننا مبدئيا في المرجل الأول حتى تصل درجة حرارتها إلى ٥٠ سنتجراد ومنه إلى المسخن الثاني حيث تمكث به إلى درجة الغليان ، وهنا يفصل غاز ثاني أكسيد الكربون من البيكربونات حيث يبرد، ويجمع في جهاز خاص أعد لجمع الغاز، يعرف بالجازوميتر "صورة رقم ٨"، ومنه إلى آلة الضغط Compressor حيث يتم ضغط الغاز فيها تدريجيا على ثلاث خطوات .

فيعرض في الخطوة الأولى إلى ضغط قدره (٤ جو) ويعرض في الخطوة الثانية إلى ضغط قدره ٣٥ - ٣٠ جو .

ويعرض في الخطوة الثالثة إلى ضغط قدره ١٠٠ - ١٢٠ جو .

وفي الخطوة الأخيرة يتحول الغاز إلى الحالة السائلة حيث يعبأ في الاسطوانات .

٥ - بعد ما يتم وزن وتعبئة الاسطوانات توضع في نواجيد (بنيات) خشبية مملوءة بالماء للتحقق من عدم تنفسها وتسرب الهواء منها .

ويمتاز الغاز الناتج من الفحم عن الغاز الناتج من المازوت في كون الأول يحتوى على كمية من (٥ ، - ١٠٪) من الكبريت تقريبا ، وهى أقل مما يحتويه الغاز الناتج من المازوت هذا علاوة على أن توليد الغاز من المسادة الثانية يعمل على تقصير أجل العدد والآلات المستعملة في إنتاج الغاز كالمراجل والأنابيب والمدخن ، كما يعمل على زيادة كمية البوتاسا إذ أن بعضا من ال Sulpher الموجود في الغاز يتسرب الى البوتاسا مكونا منها سلفات البوتاسا ، والأخيرة تتطلب مواد كيمياوية لتفاعل معها حتى يمكن فصل السلفات من الكربونات .

(ج) تحضيره من الشقوق الأرضية ومن احتراق الأتجار والرخام

يحضر غاز ثانى أكسيد الكربون السائل في ألمانيا من الغاز الطبيعى ، المنبعث من الشقوق الأرضية ، حيث ينقى ويغسل ، ثم يعامل بمحاليل ملائمة لامتصاص غاز ثانى أكسيد الكربون منه ، وعزل الغازات الأخرى ، وبعد ذلك يجفف ، وأخيرا يضغط ضغطا شديدا في أجهزة خاصة ، حتى يتحول الى الحالة السائلة .

وهناك مصدر آخر للحصول على غاز ثانى أكسيد الكربون على حالة نقية ، وذلك باحتراق الدبش أو قطع الرخام ، في قمين صنع الجير اللازم لعمليات البناء فعمد الاحتراق يتصاعد الغاز ، حيث يجمع ويمرر في أجهزة خاصة للتبريد ، ثم يضغط ليكتسب صفة السيولة .

(د) تحضيره من تخمر المواد السكرية

يستخرج غاز ثانى أكسيد الكربون كنتاج ثانوى للمصانع التى تقوم بتحضير الكحول ، ومن أهم هذه المصانع فى القطر المصرى مصنع كوتسكا ، الواقع فى الطريق بين القاهرة وحلوان وفيما يلى ملخص وجيز عما يتبع فى توليد هذا الغاز فى المصنع المذكور :

يتولد الغاز من تخمير العسل الأسود المخفف بثلاثى حجمه ماء ، حتى تقل درجة تركيزه إلى ١٢ أو ١٣ بوميه ، ومما يساعد على عملية التخمير لتفحيح المحلول السابق بنوع خاص من البادئات .

تحضير البادئ :

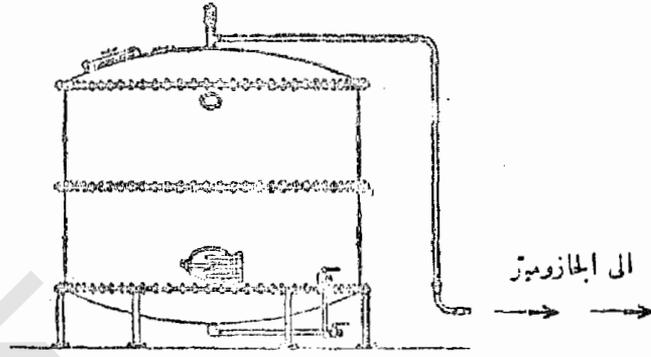
تضاف إلى مقدار مناسب من العسل المخفف بثلاثى حجمه ماء ، كمية ضئيلة من الأملاح الخمضية تختلف نسبتها باختلاف نوع الملح وكمية المحلول السابق ، ثم تعقم هذه الكمية فى مراحل (قزانات) ذات جدران مزدوجة ، يمر خلالها بخار ساخن ، لرفع درجة حرارة المحلول إلى ١٠٥ سنتجراد لمدة نصف ساعة تقريبا ، وعندما تباد الجراثيم الضارة ويتم تعقيمه ، يبرد المحلول فى الحال إلى درجة ٣٢ سنتجراد ، ثم تضاف إليه مزرعة نقية من *Saccharomyces Cerevisiae* تتوقف نسبتها على درجة حيويتها ، وكمية المحلول السكرى الذى تم تعقيمه .

ولما كانت هذه الخمائر تعمل على تحلل سكر الجلوكوز إلى كحول ، وينتج عن ذلك ارتفاع في درجة الحرارة ، مما يؤدي إلى احتمال انقلاب الخمائر ، لذلك يجب المبادرة إلى خفض الحرارة كلما لوحظ ارتفاع درجتها ، وذلك بفتح صنابير المياه الباردة الملحقة بالمراجل حتى تفيض المياه على جدرانها وتخفض درجة الحرارة تبعا لذلك تدريجيا إلى أن تصل ثانيا إلى ٢٢ سنتجراد ، فتقل الصنابير ، ويستمر في متابعة ذلك الاجراء كلما ارتفعت درجة الحرارة إلى أن تقل درجة تركيز المحلول إلى ٧ بوميه تقريبا ، وبذلك يصلح المحلول لأن يكون بادئا ، والجسدول الآتي يوضح نسبة ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض درجة التركيز في كل ساعتين ، أثناء عملية تكوين هذا البادئ :

ملاحظات	درجة حرارة المحلول	درجة تركيز المحلول	ساعة الفحص	رقم المرجل (القران)
(١) مقدار الحمض ١٠٠ جرام	٣١٫	١٤٫٢	١٢	
	٣٩٫	١٣٫٩	٢	
(٢) مقدار المحلول السكري المستعمل	٣٣٫	١٣٫٥	٤	
٢٥٠ لترا	٣٣٫٥	١٢٫٣	٦	
(٣) درجة تركيز هذا المحلول قبل التعقيم	٣٤٫٥	١١٫٥	٨	
١٥٫٥ بوميه	٣٥٫٥	١٠٫٨	١٠	
	٣٦٫	١٠٫	١٢	
	٣٦٫	٩٫٥	٢	
	٣٦٫	٩٫	٤	
	٣٦٫	٨٫٥	٦	
	٣٦٫	٧٫٩	٨	
	٣٥٫٥	٧٫٥	١٠	
	٣٥٫٥	٧٫٢	١٢	

ولما كانت مصانع كوتسكا تستخدم في توليد الغاز (صهاريج) خشبية سعة الواحد منها ٤٠ ألف لتر من العسل ، فإن كمية البادئ التي سبق تكوينها غير كافية لحسوث التخمر المطلوب في هذه (الصهاريج) الخشبية ، لذلك يستعمل هذا البادئ كزرعة لكمية أخرى من العسل . وتكرر العملية على التفصيل السابق ، حتى نحصل في النهاية على الأربعين ألف لتر من العسل المنخفض ، المعقم والملتحق بخمائر *Saccharomyces Cerevisiae* لتوليد الغاز منه .

وقد تلجأ المصانع إلى خفض درجة الحرارة، عند ارتفاعها عن الدرجة المطلوبة (٣٢ سنتيجراد) في الصهاريج الكبيرة الحجم ، باصرار تيار من الماء البارد داخل أنابيب حلزونية مغلقة توضع داخل الصهاريج .



”صورة رقم ٩“ — النواجيد الخشبية التي يتولد فيها الغاز

توليد الغاز :

يتم توليد الغاز في النواجيد (البراميل) الخشبية ، وهي ذات عمق يقدر بنحو أربعة أمتار ، وقطر يقدر بنحو أربعة أمتار كذلك ، ”صورة رقم ٩“ ، وهي تسمح كما سبق أن توهمنا أربعين ألف لتر من المول السكروى ، الملقح بالبادئ . ولكل واحد منها غطاء به منفذ تمر منه أنابيب معدنية ، وصمام أمان يمكن بواسطته التخلص من جزء من الغاز عند ما يزداد ضغطه .

فعند ما تبدأ عملية التخمر يحكم الغطاء على الناجود ، بحيث لا يتسرب الغاز المتولد في داخله إلا من المنفذ ، فيندفع داخل الأنابيب ، ويأخذ طريقة فيها إلى جهاز الجازوميتر ”صورة رقم ٨“ ، ومنه يؤخذ الغاز للاستعمال المباشر بعد تنقيته ، أو لتحويله إلى الحالة السائلة .

وتستغرق عملية التخمر وجمع الغاز في النواجيد الخشبية ، مدة تختلف من ٢٤ — ٣٦ ساعة ، يؤخذ بعدها السائل المتخمر في الناجود ، ويعرض لعملية التقطير لاستخلاص الكحول منه .

غاز ثانى أوكسيد الكربون السائل

عندما يعرض غاز ثانى أوكسيد الكربون لضغط شديد ، يقدر بنحو مائة جو يتحول إلى الحالة السائلة ، ويمكن تسيئته في اسطوانات (أنابيب) متينة مصنوعة من الحديد الزهر ، وتنظيم نخروجه منها بواسطة صمامات خاصة (مفاتيح) ملحقة بها ، وعند رفع الضغط عنه وملاسته للهواء الجوى يعود إلى حالته الغازية .

وقد كثر استعمال هذا الغاز السائل في مصانع المياه المعدنية ، بدلا من استعمال الغاز المتولد من الكربونات والأحماض ، وذلك للزايا الآتية :

- ١ — سهولة تداوله مع رخص ثمنه .
 - ٢ — قلة الحيز الذي يشغله ، إذ أن اللتر من ثاني أكسيد الكربون السائل يعطي ٤٩٢ لترا من الغاز .
 - ٣ — الاقتصاد في نفقات الإنتاج .
 - ٤ — باستعماله يستغنى عن حامض الكبريتيك ، الذي كثيرا ما تحدث عنه أضرار جسيمة في المصانع .
 - ٥ — تجنب المتاعب التي تنجم عن التخلص من سلفات الكالسيوم المختلفة بعد توليد الغاز بطريقة الكربونات والأحماض .
 - ٦ — بقاء غاز ثاني أكسيد الكربون السائل عن غاز ثاني أكسيد الكربون المتولد بطريقة الكربونات ، إذ أن الأخير يكون غالبا محتويا على زرنبيخ ، وهذه المادة خطرها في صناعة المياه الغازية .
- وسائل غاز ثاني أكسيد الكربون شفاف عديم اللون يغلي على درجة ٧٩ ستيجراد ، ويذوب في الكحول والأثير والزيوت الطيارة ، ولكنه لا يمتزج بالماء . ولعل أول من حصل على هذا الغاز بحالة سائلة هو العالم "فارادى Faraday" ، الذي اتبع في الحصول عليه الطريقة الآتية :



"صورة رقم ١٠" — أنبوبة فاراداي لتحضير غاز ثاني أكسيد الكربون السائل

- ١ — تثنى أنبوبة زجاجية طولها ٨" وقطرها ٢٥" على مقربة من أحد طرفيها .
- ٢ — يحكم سد الطرف القصير ، وذلك بصهره بالحرارة .
- ٣ — يوضع في الطرف القصير المسدود قليل من حمض الكبريتيك المخفف ، بحيث لا يتدرب أى جزء منه إلى بقية جدران الأنبوبة ، وذلك باستعمال قمع ذى ساق طويلة ، ثم توضع قطعة من كربونات النشادر في فوهة الطرف الثانى (الطويل) ، ويحكم سده أيضا بواسطة الانصهار .

٤ — تقلب الأنبوبة فيتفاعل الحمض مع الكربونات ، وينتج عن هذا التفاعل غاز ثانى أكسيد الكربون ، ونظرا لأن الغاز المتولد يكون محصورا بين طرفى الأنبوبة المحكم سدادهما ، لذلك يتحول إلى الحالة السائلة بواسطة ضغطه الخاص .

أما ما يتبع حديثا فيناخص في نقل الغاز من الجازوميتر ، وإصراره تحت ضغط قدره ٤ جو في ماء نقي ، حيث يتم غسله ، وبعد ذلك يخفف بإصراره في محلول من سيترات البوتاسيوم ، تحت ضغط قدره ١٥ جو ، ثم يمرر في حمض الكبريتيك ، وأخيرا من خلال مسحوق الفحم الذى يمتص الروائح الغريبة منه .

وهنا يعرض لضغط شديد يقدر بنحو ١٠٠ جو ، فيتحول إلى سائل ويتعرض الغاز للضغط السابقة بواسطة جهاز الضغط Compressor ، الذى يدار بأحدى القوى المحركة ، وهو يحتوى على ثلاث سلندرات لكل واحدة منها مانوميتر خاص ليان قوة الضغط .

وبعد اكساب الغاز الحالة السائلة ينطلق إلى أنابيب للتبريد حيث يبرد ، ثم إلى جهاز خاص لتعبئته في أسطوانات الناز تحت ضغط يختلف من ٧٥ — ١٠٥ جو ، وذلك تبعا لاختلاف درجة حرارة الجو فيقل الضغط كلما انخفضت ، ويزيد كلما ارتفعت ، وبعد إتمام تعبئة الأسطوانات تختبر ، وذلك بوضعها في نواجيد خشبية (براميل) مملوءة بالماء للتحقق من عدم تنفسها وتسرب الغاز منها .

وتختلف سعة الأنابيب باختلاف أحجامها ، على أن الشائع منها ما سعته ٢٧ رطلا من الغاز السائل : أى ما يساوى ٢٢٥ قدما مكعبا من غاز ثانى أكسيد الكربون ، على ضغط الجو العادى ، وهذه الكمية تنتج مياها غازية كافية لملء ٢٤٠ دسنة من الزجاجات ، تسع كل زجاجة منها ١٠ أوقيات ، على ضغط يقدر بنحو ١٠٠ رطل ، كما يشاهد على المانوميتر .

وبالنسبة لغلاء هذه الأنابيب يعاد ملؤها باستمرار ، كلما استنفذت مصانع المياه المعدنية غازها .

الثلج الجاف

Solid Carbon Dioxide

هو أحد منتجات غاز ثانى أكسيد الكربون ، وقد ابتدأت صناعته في القطر المصرى منذ عام ١٩٢٣ عند ما أسست شركة "كاربا" بالامكندرية مصانعا خاصا لذلك .

ويصنع هذا الثلج من غاز ثانى أكسيد الكربون الناتج كحصول ثانوى في مصانع الصناعات الكيماوية ، أو من غاز ثانى أكسيد الكربون المتصاعد من احتراق إحدى مواد الوقود كالفحم

والمازوت الخ ، وذلك بعد تنقيته ومعاماته بمعاملات خاصة ، وعلى العموم فتتلخص طريقة صناعة الثلج الجاف في القطر المصري فيما يأتي :

بعد الحصول على غاز ثاني أكسيد الكربون بأي طريقة يخزن في بطاريات الى أن يحين وقت تحويله نلجا ، فيذفع من هذه البطاريات على ضغط قدره ٤ جو إلى (سلندرات) متينة الخدر ، فينزل فيها على هيئة برد "SNOW" مفكك ، فيكبس على ضغط قدره ٨ جو ، فيصبح كتلة متماسكة من الثلج الجاف .

وفي أثناء عملية تكوينه تنتشر عدة غازات يمكن التخلص منها بواسطة صمامات خاصة في أسفل (السلندرات) ، وفي الوقت الذي لا يسجل مانوميتر جهاز تكوين الثلج أي ضغط يكون ذلك دليلا على اتمام تكوين الثلج ، فيسحب من (السلندرات) ويقطع بواسطة منشار خاص الى بلاطات "BLOCKS" ذات أوزان مختلفة ، وتحتفظ في غمراثر (زكايب) ، وتودع في المخازن لحين توزيعها ، وبياع الكيلو منه في القطر المصري بنحو أربعة قروش صاغ

ومن مزايا استعمال هذا النوع من الثلج ما يأتي :

- ١ — درجة حرارته عند تعرضه للضغط الجوي ١٠٩,٩ فهرنهايت تحت الصفر .
- ٢ — عند ما ترتفع درجة حرارته عن الدرجة السابقة يتحول الى غاز ثاني أكسيد الكربون دون أن ينوب ، وعلى ذلك فلا يتخلف عنه رطوبة أو بلل .
- ٣ — لا يحمى الثلج الجاف على أي مادة تالفة ، فهو لا يؤثر على الات التبريد المستعملة ولا على الأغذية المعرضة لللفظ بواسطة إذ هو غاز نقي يعمل كمادة حافظة ضد البكتريا ، كما يعمل على هدم تخفيف الأغذية بل يحفظها على حالتها الطبيعية .
- ٤ — أن الثلج الجاف دائم المفعول الى أن يفنى جميعه ، كما يمكن بواسطة خلق درجات برودة مختلفة .

وأكثر ما يستعمل هذا الثلج في عربات وصناديق الجيلاتى ICE CREAM ، وفي المستشفيات ، وحفظ المأكولات .