[١١] الباب الحادى عشر :

غاز ثانى أكسيد الكربون

Carbon dioxide

[١١ ـ ١] أهميتـه فى الحيـاة :

يعتبر غاز ثانى أوكسيد الكربون ، فى غاية الأهمية فلولا وجود هذا الغاز بالجو لإنعدام الغذاء اللازم للكائنات الحية ولا نعدم الأوكسجين وبالتالى تنعدم الحياة تماماً على الأرض .

وهو يتواجد فى الهواء الجوى بنسبة قليلة تبلغ ٠,٠٣٪ وبالرغم من قلته إلا أنه يعتبر عنصراً هاماً فى عملية التمثيل الضوئى للنباتات حيث يقوم النبات بامتصاص ثانى أوكسيد الكربون من الجو ويُطلق غاز الأوكسجين .

[١١ ـ ٢] تحضيره فى المعمل :

يمكن تحضير غاز ثانى أوكسيد الكربون فى المعمل طبقاً للتفاعل بين كربونات أى فلز مع أى حامض ، إلا أنه عملياً ، لا يُستخدم إلا كربونات الكالسيوم فى هذه العملية ، حيث تُستخدم قطع صغيرة من الرخام وحمض الهيدروكلوريك المخفف ، حيث يتصاعد الغاز فى هذه الحالة بمعدل ملائم ولفترة طويلة .

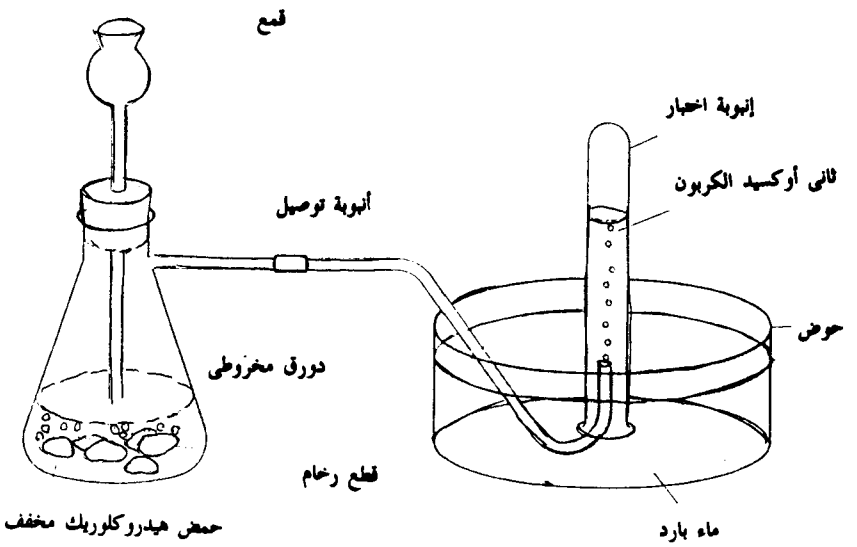
كربونات كالسيوم + حمض الهيدروكلوريك المخفف ⟵

كلوريد كالسيوم + ماء + ثانى أكسيد الكربون

Calcium Carbonate + hydrocloric acid ⟶

Calacum chloride + water + carbon dioxide

ويوضح شكل (١١ ــ ١) جهازاً لتحضير وتجميع غاز ثانى أوكسيد الكربون .



شـكل (١١ ـ ١)
تحضير غاز ثانى أوكسيد الكربون فى المعمل

وبالرغم من أن ثانى أكسيد الكربون يذوب فى جميع المياه الطبيعية ، فإن تجميع الغاز فوق سطح الماء يعتبر طريقة غير ملائمة لجمع الغاز .

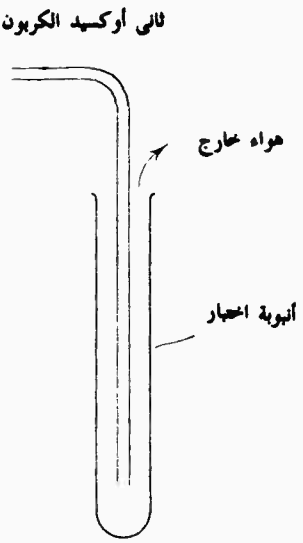
ثم ننتظر قليلاً حتى يطرد الغاز المتكون الهواء من داخل إنبوبة الاختبار وإنبوبة التوصيل .

ويمكن جمع الغاز بطريقة : الإزاحة لأسفل (أو طرد الهواء لأعلى) .

downward delivery of upward dislaceent of air

لأنه أثقل من الهواء

انظر الرسم شكل (١١ ــ ٢) .



شـــكل (١١ ـ ٢)
جمع غاز ثانى أوكسيد الكربون بالإزاحة لأسفل downward delivery

حيث يتجه غاز ثانى أوكسيد الكربون الأكثف إلى قاع الإنبوبة .

وحيث إن الغاز عديم اللون فإنه من الصعب تحديد عملية إنتهاء إمتلاء الأنبوبة بالغاز .

وإذا كان المطلوب هو جمع غاز ثانى أوكسيد الكربون الجاف فإنه يمكن تجفيفه بإمراره خلال حمض الكبريتيك المركز ولا تستخدم المجففات القلوية كالصودا الكارية أو الجير الصودى وذلك لأن الغاز يتفاعل معها كما يمكن تجفيفه بإمراره على كلوريد كالسيوم لامائى .

كما وأنه لا يجوز استخدام حمض الكبريتيك فى تحضير الغاز وذلك لأن من نواتج تفاعله مع الرخام ، ينتج كبريتات الكالسيوم التى لا تذوب فى الماء بالإضافة

إلى أنها تحيط بسطح الرخام فتوقف استمرار التفاعل بعد فترة حيث تمنع وصول الحمض إلى سطح الرخام ويوجد متحداً مع بعض الصخور مثل الحجر الجيرى Ca Co_3 Limestone .

□ تحضيره باستخدام جهاز كب فى معمل المدرسة :

من الأفضل استخدام جهاز كب لتحضير غاز ثانى أكسيد الكربون وذلك عندما يكون مطلوباً بكميات كبيرة أو على فترات متقطعة .

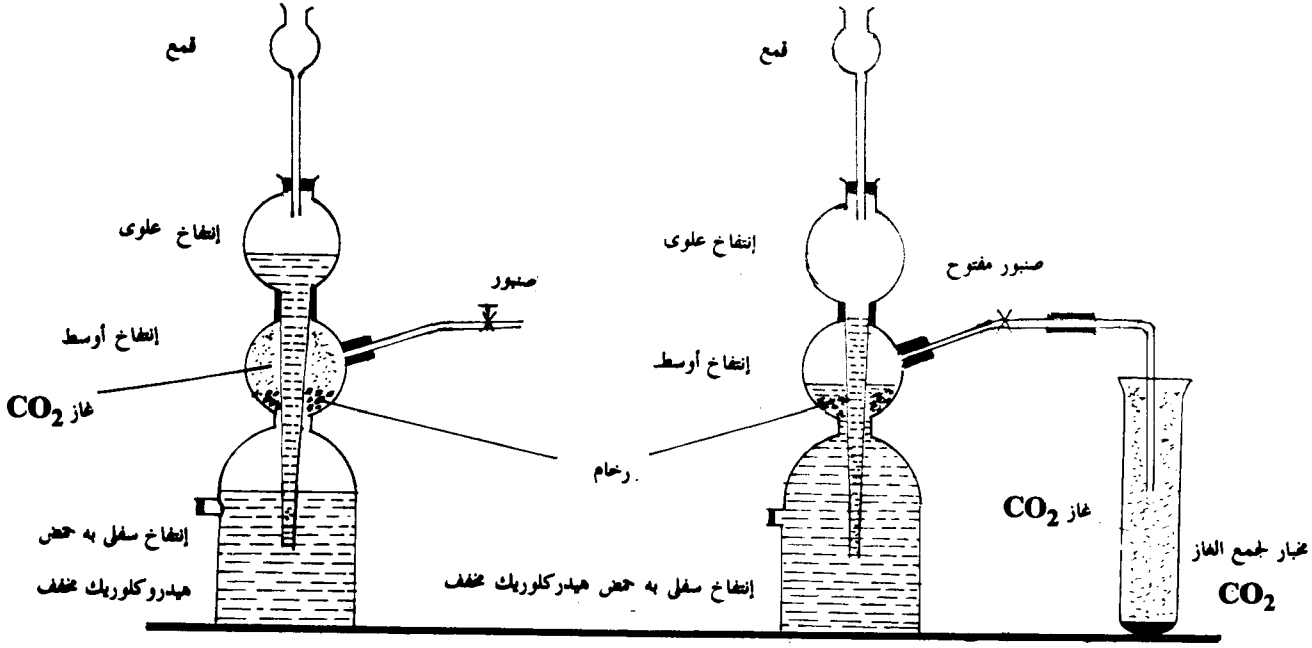
ويُفيد الجهاز فى التحكم فى التفاعل لتنظيم خروج الغاز .

حيث يتم وضع كربونات الكالسيوم (الرخام) فى الانتفاخ الأوسط بالجهاز ويتم صب الحامض حتى يملأ الانتفاخ السفلى عن طريق الانتفاخ العلوى ويرتفع الحامض إلى أن يصل إلى الانتفاخ الأوسط .

ثم يبدأ فى التفاعل مع الرخام فيتسرب غاز ثانى أوكسيد الكربون من الصنبور المتصل بأنبوبة التوصيل عند فتحه .

كما فى شكل (١١ ـ ٣) ـ أ

أما إذا تم غلق الصنبور فإن الضغط يزداد فى الانتفاخ الأوسط بتأثير انحباس الغاز مع استمرار التفاعل ويؤدى هذا الضغط إلى هبوط الحامض إلى الانتفاخ السفلى وصعوده بالأنبوبة الموصلة للانتفاخ العلوى كما فى شكل (١١ ـ ٣) ـ ب ، حيث يزيد مستواه فى الإنتفاخ العلوى .



شـكل (١١ ـ ٣) (أ) (ب)

تحضير غاز CO_2 باستخدام جهاز ''كب''

فى معمل المدرسة

وبمجرد ابتعاد الحامض عن الرخام فى الإنتفاخ الأوسط فإن التفاعل يتوقف كما فى شكل (١١ ــ ٣) ـ ب .

□ تحضير غاز ثانى أوكسيد الكربون تجارياً :

يتم ذلك بتسخين الحجر الجيرى والذى رمزه الكيميائى $CaCO_3$

$$CaCO_3 = Ca\ O + CO_2$$

ويتم جمع الغاز وضغطه حتى إسالته ثم يحفظ فى خزانات بينما المنتج الثانى لهذه العملية هو أوكسيد الكالسيوم والذى يعرف بالجير الحى أو الكلس الغير مطفى quicklime فهو مطلوب تجارياً .

ويعتبر ثانى أوكسيد الكربون منتج ثانوى أثناء صناعات التخمير fermenation وتضاف يومياً إلى كمية ثانى أوكسيد الكربون بالجو كميات ضخمة من هذا الغاز والتى تنشأ من عمليات احتراق الكربون والمواد الحاوية للكربون Carbonaceous materials بالأوكسجين الجوى .

وهو يستخدم فى عمل المياه الغازية وفى صناعة ماء الصودا كما أنه يستخدم فى عمليات التبريد وذلك بتحويله إلى سائل بالضغط والتبريد ويستخدم فى عمليات التبريد فى صورة ثلج جاف كما سيرد فيما بعد .

[١١ ـ ٣] خواصه الفيزيائية :

هو غاز شفاف عديم اللون عند درجة حرارة الغرفة وليس له رائحة وهو غاز ثقيل نسبياً أى أثقل من الهواء ، ولاذع الطعم .

فإذا ما تم تبريد هذا الغاز إلى درجة حرارة ــ ٧٩,٩°م فإنه يتكثف مباشرة إلى جسم صلب ويعرف ثانى أوكسيد الكربون الصلب بالثلج الجاف dryice .

وهذا الثلج الجاف يتحول رأساً إلى غاز بمجرد تسخينه وتعرف هذه الظاهرة بالتسامى Sublimation ويجب أن يضغط هذا الغاز إلى ضغط يعادل ٥,٢ ضغط جوى على الأقل قبل تحويله إلى سائل .

وقبل هذا الضغط فإن درجة تجمد ثانى أوكسيد الكربون تعادل حوالى -٥٦,٦°م .

ووزنه الجزيئى هو ٤٤ ونقطة انصهاره هى ٥٢١٦,٦ كلفن (عند ضغط جوى = ٥,٢) .

كما وأن نقطة غليانه هى ١٩٤,٧°كلفن وتبلغ كثافته ١,٩٧٧ كجم/م٣ (الهواء الجوى كثافته = ١,٢٩٣ كجم/م٣) .

وهو حمضى التأثير على عباد الشمس حيث أنه يجعل ورقة عباد الشمس الزرقاء تحمر .

[١١ ـ ٤] خواصه الكيميائية :

يعتبر غاز ثانى أوكسيد الكربون من الغازات المستقرة جداً (مركب مستقر) ولا يحترق ولا يساعد على الاحتراق ويمكن اختزاله فى درجات الحرارة العالية إلى أول أوكسيد الكربون CO وذلك بالكربون الساخن .

$$C + CO_2 \longrightarrow 2\,CO$$

وهو يتحد مع الأكاسيد ومع هيدروكسيدات المعادن النشطة مكوناً الكربونات :

$$CaO + CO_2 \longrightarrow CaCO_3$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O \quad ،$$

وهو يذوب فى الماء ويتحد معه مكوناً محلول حمضى التأثير على عباد الشمس وهو حمض الكربونيك وهو ضعيف الثبات حتى فى درجات الحرارة العالية :

ثانى أوكسيد الكربون + ماء ⟵ حمض الكربونيك

$$H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2CO_3 \text{ (Carbonic acid)}$$

وقد استغلت ظاهرة أن هذا الغاز لا يشتعل ولا يساعد على الاشتعال فى إطفاء الحرائق بواسطة مطفأة الحريق Fire extinguishers حيث يتم إعداد الغاز بسرعة

كبيرة عند اللازم وذلك بواسطة التفاعل فيما بين حمض الكبريتيك وبيكربونات الصوديوم .

وفيما يلى ملخص لأهم التفاعلات الكيميائية لهذا الغاز :

(١) ثانى أوكسيد الكربون + مغنسيوم مشتعل ⟵ أكسيد مغنسيوم + كربون

(٢) ثانى أوكسيد الكربون + صودا كاوية ⟵ كربونات صوديوم + ماء
(هيدروكسيد صوديوم)

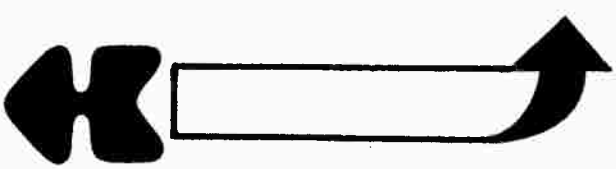
(٣) ثانى أوكسيد الكربون + ماء جير ⟵ كربونات كالسيوم + ماء
(هيدروكسيد كالسيوم)

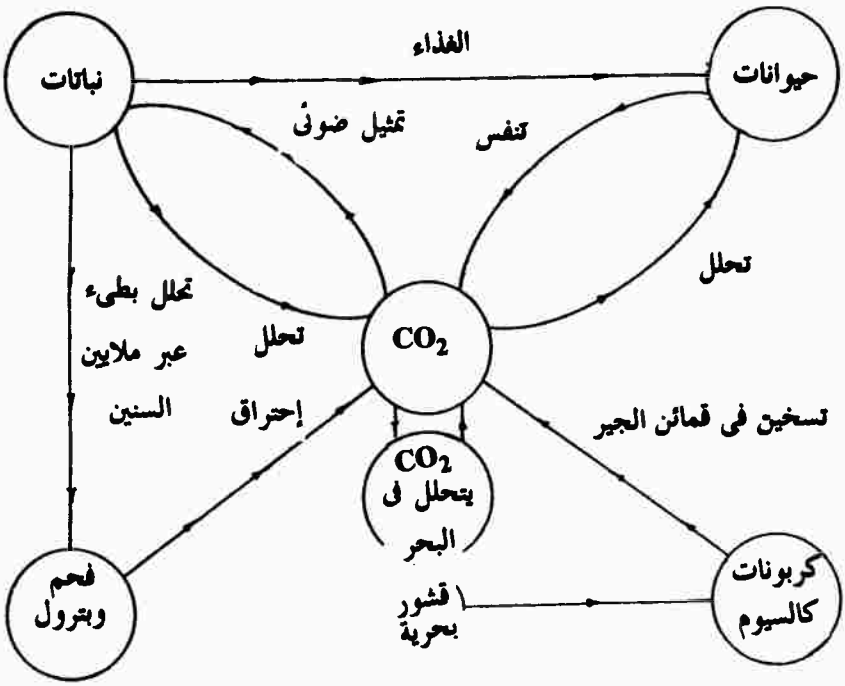
(٤) ثانى أوكسيد الكربون + كربونا كالسيوم + ماء ⟵ بيكربونات كالسيوم

(٥) ثانى أوكسيد الكربون + كربونات صوديوم + ماء ⟵ بيكربونات صوديوم

[١١ ـ ٥] دورة الكربون Carbon Cycle :

يتضح من شكل (١١ ــ ٤) ، طرق تكون واستهلاك غاز ثانى أوكسيد الكربون فى الطبيعة.





شـــكل (١١ ـ ٤)
دورة الكربون فى الطبيعة

[١١ ـ ٦] خلاصـــة :

يتم تحضير غاز ثانى أوكسيد الكربون فى المعمل بتفاعل قطع صغيرة من الرخام (كربونات الكالسيوم) وحمض الهيدوركلوريك ويتم جمع الغاز فوق الماء .

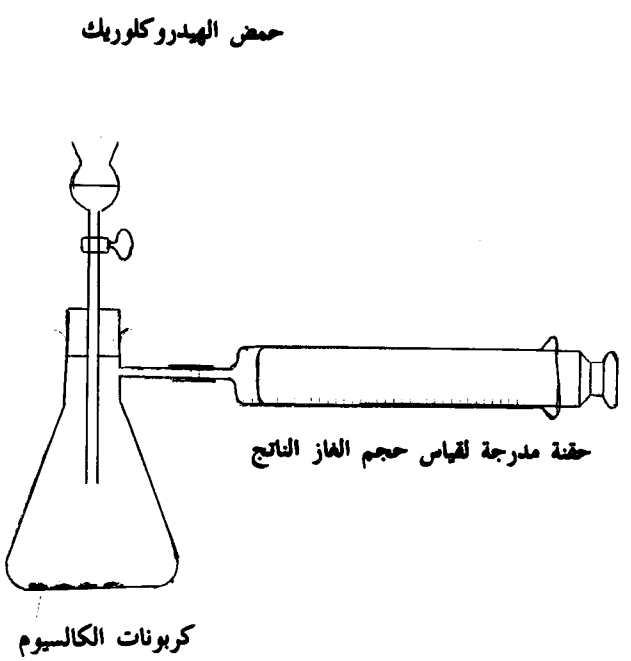
وأفضل إختبار على وجود الغاز هى استغلال الخاصية التالية يتعكر ماء الجير

عند إمرار ثانى أوكسيد الكربون به وذلك تكون كربونات الكالسيوم غير الذائبة فى الماء (راسب أبيض) .

ثانى أوكسيد الكربون + ماء الجير (هيدروكسيد الكالسيوم)
⟵ كربونات الكالسيوم + ماء

[١١ ـ ٧] تدريبـــات :

[١] قام أحمد بعمل تجربة مستخدماً الجهاز المبين فى الشكل (١١ ــ ٥) :



شـــكل (١١ ـ ٥)

جهاز (أحمد) لتجميع غاز CO_2

حيث قام بإضافة حمض الهيدروكلوريك إلى ٠,٤ جرام من قطع الرخام الصغيرة فى الدورق .

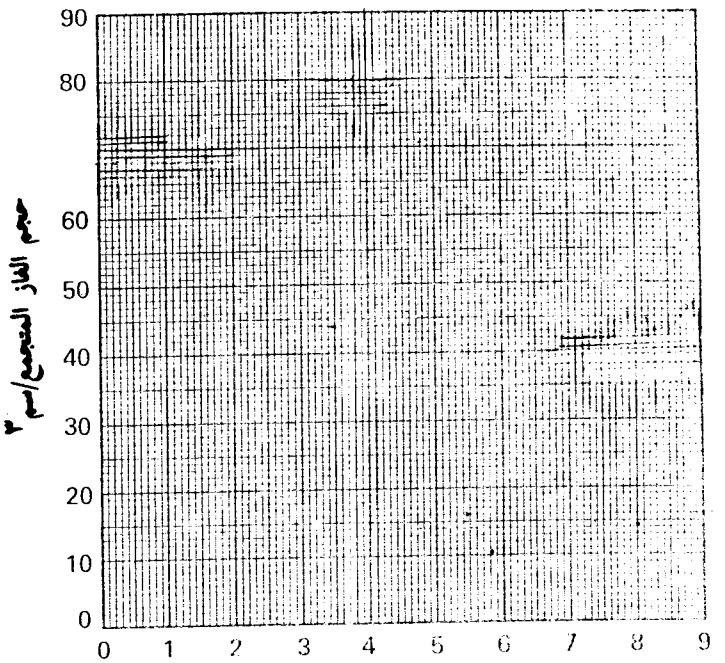
وقام بتسجيل حجم الغاز المتجمع فى (الحقنة) ، كل نصف دقيقة وكانت

نتائجه كما هو موضح بالجدول التالى ، جدول (١١ ــ ١) .

الوقت بالدقائق	حجم الغاز المجموع بـ سم^3
صفر	صفر
$\frac{1}{2}$	١٦
١	١٣
$\frac{1}{2}$	٤٢
٢	٥٤
$\frac{1}{2}$	٦٢
٣	٦٨
$\frac{1}{2}$	٧٣
٤	٧٦
$\frac{1}{2}$	٧٩
٥	٨٢
$\frac{1}{2}$	٨٣
٦	٨٥
$\frac{1}{2}$	٨٦
٧	٨٧
$\frac{1}{2}$	٨٨
٨	٨٨
$\frac{1}{2}$	٨٨
٩	٨٨

جدول (١١ ـ ١)

والآن قم بتسجيل هذه البيانات على ورق مربعات كما هو موضح بشكل (١١ ــ ٦) .



شـــكل (١١ ـ ٦)
قم بتوقيع النقاط المُسجلة بجدول (١١ ـ ١)

ثم قم برسم منحنى ، ماراً بنقطة الأصل وبالنقاط المسجلة . ثم أجب عن الأسئلة التالية :

(أ) ما هو حجم غاز ثانى أوكسيد الكربون المتجمع بعد ٧٥ ثانية ؟

(ب) بعد كم من الوقت بالدقائق يكتمل التفاعل ؟

ثم قام أحمد بتكرار التجربة مستخدماً ٠,٤ جم من مسحوق كربونات الكالسيوم وكانت النتائج كما هو موضح بجدول (١١ ــ ٢) .

الوقت بالدقائق	حجم الغاز المتجمع بـ سم٣
صفر	صفر
٦٠	١/٢
٨٨	١
٨٨	١ ١/٢
٨٨	٢

(جـ) ما الذى يمكن استنتاجه من هذا التفاعل مقارنة بالتفاعل السابق ، ثم علل الفروق بنيهما ؟