

## غازات أخرى متنوعة

يتعرض هذا الفصل لوصف موجز لعدد من الغازات التي تنتج على مستوى صناعي ولكن يتم تسويقها على نطاق ضيق ويصنع بعض من هذه الغازات على نطاق أكبر للاستخدام المحدود . .

### أكسيد النتروز (N<sub>2</sub>O) :

من أقدم الغازات التي أمكن فصلها وعلى الرغم من تحقق ذلك على يدى « بريستلى » عام ١٧٧٢ إلا أن « دافى » هو أول من ذكر خواصه التخديرية عام ١٧٩٤ . ثم نشر أول بحث عن استخدامه لهذا الغرض عام ١٨٤٤ . وعلى الرغم من التوصل إلى عدد آخر من الغازات المخدرة الفعالة والمخدرة عن طريق الأوردة إلا أنه مازال مستخدماً . وهو غاز غير سام وغير قابل للانفجار وليست هناك عواقب سيئة لاستخدامه ، واستخدام أكسيد النتروز فى عمليات التخدير يناسب فقط العمليات التي تستغرق ٣٠ - ٩٠ ثانية مثل عمليات الأسنان . ويستخدم مع الأكسجين بنسب ٩٠ - ١٠ حتى ٩٥ : ٥ ( أكسيد نتروز إلى أكسجين ) . وما تجدر ملاحظته أن جميع المواد المخدرة عن طريق

الألف عدا أكسيد النتروز تكون سوائل متطايرة تتوافر على هيئة سائلة يتم تخزنها داخل الجهاز التنفسي ، وتتضمن هذه المواد الأثير والكلوروفورم والسيكلوبروبان . وثلاثي كلورو الإيثيلين (ترايلين) .

كما يستخدم أكسيد النتروز كمادة مروحية دائرة لصناعة الكريمة المخفوقة وصلصة الطماطم . . . إلخ . إذ يتمتع بنقطة غليان مناسبة ومذاق لذيذ وليست له أى درجة سُمّية كما أن درجة تداوبه صغيرة .

ويجرى تصنيع غاز أكسيد النتروز بتأثير الحرارة على نترات الأمونيوم عند درجة حرارة بين ٢٠٠ - ٢٦٠ م° ، ويمكن تمثيل التفاعل السابق كما يلي :



ومهما بلغت الدقة في ضبط درجة الحرارة ، فلا بد وجود آثار من أكسيد النتروجين الأخرى بالإضافة إلى بعض الأمونيا ، لذلك يراعى إزالة هذه الآثار ، بطرق مناسبة كإمرار الناتج على كبريتات الحديدوز أو البوتاسا الكاوية أولبن الجير .

ويضبط أكسيد النتروز بدرجة نقاوة لا تقل عن ٩٩٪ داخل اسطوانات . ولما كانت درجة حرارته الحرجة ٣٦,٥ م° وضغطه الحرج ٧١,٦٦ جوى لذلك يوجد جزئياً في الحالة السائلة ، ولكن امددة المعتقة من الأسطوانة تكون غازية . ويظل الضغط ثابتاً داخل الأسطوانة طالما يوجد جزء من الغاز في الحالة السائلة . ثم يبدأ الضغط بعد نفاذ السائل في الهبوط . ويكون هذا الضغط عند درجة الحرارة العادية مساوياً ٤٣ جوى . وتتراوح سعة الأسطوانات عادة بين ٤٥٠ لتراً ، ١٨٠٠٠ لتر من الغاز .

#### غازات البترول المسالة :

يشتمل هذا الاسم على الهيدروكربونات البترولية والتي - على الرغم من وجودها في الطور الغازي عند درجة الحرارة العادية والضغط العادي - يسهل

إسالتها تحت ضغط ، ومن ثم يتاح تخزينها ونقلها على هيئة سائل داخل أوعية ضغط خفيفة . ويدخل ضمن هذا القطاع البارافينات والأوليفينات ثلاثية ورباعية الكربون التي ترد خواصها في الجدول رقم (٦) .

جدول رقم (٦) غازات البترول المسالة

الضغط الجوي عند ٢١ م <sup>٢</sup> ( ضغط جوي )	نقطة الغليان م <sup>٠</sup>	القانون الكيميائي	المركب
٨	٤٢ -	ك <sub>٣</sub> يد <sub>٨</sub>	بروبان
١٠	٤٤ -	ك <sub>٣</sub> يد <sub>٦</sub>	بروبيلين
٢	١ -	ك <sub>٤</sub> يد <sub>١٠</sub>	ن-بيوتان
٣	١٢ -	ك <sub>٤</sub> يد <sub>١٠</sub>	أيزو-بيوتان
٢ حتى ٣	٧ حتى ١	ك <sub>٤</sub> يد <sub>٨</sub>	بيوتيلين

ويتم الحصول على معظم غازات البترول المسالة من عمليات التكسير والتقطير ، ومن تقطير الزيت الخام في مصانع التكرير ، أو الغاز الطبيعي الرطب الذي تفصل منه هذه الغازات بالادمصاص . ويباع صنفان من هذا الغاز في معظم البلدان ، يتكون الأول أساساً من البروبان ويتكون الآخر أساساً من البيوتان . ولا يمكن التبخير الطبيعي في حالة المخروط الغني بالبيوتان للحصول على غاز بمعدل مستمر مرتفع بل يحتاج الأمر إلى جهاز تبخير ، لذلك يفضل البروبان في أغلب الأحوال . وتقع نسبة ٧٠ - ٨٠ ٪ من سوق غاز البترول المسال في مجال الطهي وتسخين المياه وتدفئة الأماكن سواء للأغراض الصناعية أو المنزلية .

وقد سبق الحديث في فصل سابق ( الفصل السادس ) عن قطع الفولاذ

بالأكسجين والإشارة إلى إمكانية استخدام البروبان بديلاً عن الأستيلين . وتبلغ درجة الحرارة القصوى النظرية للهب الأكسي - بروبان ٢٨٢٦م عند نسبة ( الأكسجين : الوقود ) حوالى ٤,٥ : ١ بالمقارنة بدرجة ٣١١٤ مئويته عند نسبة ١ : ١ فى حالة الأكسي أستيلين . ويكفى هذا الفرق للعزوف عن استخدام البروبان فى لحام الفولاذ بالغاز . بينما يختلف الحال إذا كان الغرض من الاستخدام هو عملية القطع حيث يكون المطلوب من الوقود المستخدم رفع درجة الحرارة إلى الدرجة التى يبدأ عندها احتراق الفولاذ فى الأكسجين وهى ١٢٥٠م ثم تعويض الفاقد الحرارى بعد ذلك ويستطيع البروبان بكفاءة تامة أداء هذه المهمة لذلك فهو يستخدم على نطاق واسع لهذا الغرض . وما يجب ملاحظته أن الوقت المستغرق فى التسحير يسدى لنمعدن والأكسجين حتى درجة الحرارة التى تبدأ عندها عملية القطع يزيد فى حالة استخدام البروبان . بالإضافة إلى استهلاك مزيد من الأكسجين لكل وحدة من الحرارة المتولدة حتى يمكن استيفاء نسبة الوقود إلى الأكسجين المطلوبة . ويؤدى ذلك إلى ضياع الوفر المتوقع من استخدام وقود أرخص . ومن المستحيل - على وجه التحقيق - استنباط نتيجة اقتصادية عامة عن التكاليف النسبية لاستخدام كل من الوقودين . وينبغى تقدير تكلفة كل حالة على حدة مع الأخذ فى الاعتبار تكلفة العمالة ورأس المال وكذلك مدة الانتفاع بالمعدات . وقد تؤثر على النتيجة إمكانية إجراء عمليات اللحام بالغاز فى نفس الوقت .

كما نجد الإشارة إلى خفة وزن أسطوانات البروبان بالمقارنة بأسطوانات الأستيلين وتزن أسطوانة الأستيلين التى تعطى ٥٧٠٠ لتر من الغاز ٩٥ كيلوجرام وهى مملوءة . ٨٨ كيلوجراماً وهى فارغة . بينما تزن الأسطوانة التى تعطى ٥٨٤٠ لتراً من البروبان ٢٧ كيلوجراماً وهى مملوءة . ١٧ كيلوجراماً وهى فارغة . وأخيراً تعرض الأرقام التقريبية التالية صورة للنمو السريع لسوق غاز التبريد المسالة فى إحدى الدول ( المملكة المتحدة ) على سبيل المثال :

طن	١٢٦.٠٠٠	١٩٥٩	عام
طن	٤٥٠.٠٠٠	١٩٦٣	١٩٣٨
طن	١.٢٠٠.٠٠٠	١٩٧١	١٩٤٨

### الميثان :

يوجد غاز الميثان كيد في الطبيعة أويتم إنتاجه بصورة غير نقية في الصناعة بعدد من الطرق . وكان بريستلي أول من لاحظ تكونه خلال التحلل التدريجي للمواد النباتية وذلك عام ١٧٧٢ . ومن المعروف حالياً أن هذه العملية تأخذ مجراها جيداً بمعزل عن الهواء . وعندما يتكوّن الغاز في مستنقعات تحتدى على مواد عضوية متعفنة فإنه يعرف بغاز المستنقعات . وعند طرد مياه المجارى بمعل البكتريا التي تنمو بمعزل عن الهواء ينتج مقدار يصل إلى ثلاثين لترا لكل شخص في اليوم مع حوالي نصف هذه الكمية من غاز ثاني أكسيد كربون . ويتم جمع هذا الغاز أحيانا للاستخدام كوقود بالقرب من محطات مجارى أو بضعطه داخل أسطوانات . ومن المعتاد في الحالة الأخيرة أن يذوب ثاني أكسيد كربون للتحلص منه بغسله بالمياه تحت ضغط .

ويوجد داخل جيوب المناجم أحيانا غاز قابل للانفجار يسمى غاز المناجم . وهو غاز نقي الملتك . ولكن - باستثناء حالات نادرة - يتعذر الحصول على تيار منتظم من الغاز في صورة نقية بدرجة كافية للاستخدام عملياً .

وتحتوى بعض الغازات مثل غاز الفحم وغاز أفران الكوك التي تنتج أثناء كربنة الفحم على ٢٠ - ٥٠ ٪ من الميثان تبعاً لطريقة التصنيع المتبعة . ونتيجة ارتفاع قيمته السعريّة ( الحرارية ) فإنه يساهم بنسبة ٤٠ - ٥٠ ٪ من القيمة السعريّة ( الحرارية ) لغاز الاستصباح . ومن الضروري لأى غاز ناتج عن التحويل الغازى الكامل للفحم أن يحتوى على كمية كافية من الميثان . كما سبق ذكره في الفصل السادس .

ويتكون الغاز الطبيعي الذي يعثر عليه غالباً في أثناء الحفر للتنقيب عن البترول من الميثان كمكون أساسي . وما زال العثور على مصادر الغاز الطبيعي مستمرا بكميات هائلة عبر العالم أجمع . وقد أنشئت شبكات خطوط لهذا الغاز في عديد من البلدان تمتد أحياناً لبضعة آلاف من الكيلومترات . ومن الطريف أنه لم يتم العثور على الغاز الطبيعي بكميات معقولة في المملكة المتحدة أو بالقرب منها حتى عهد قريب . لذلك جرى استيراده من شمال أفريقيا على هيئة سائلة في السفن . وقد أمكن العلب على المشاكل الفنية الخاصة بإسالة الغاز وتخزينه في شمال أفريقيا ، والتصميم المناسب للسفن التي تحمل هذا الغاز ووسائل نقل السائل وتبخيره بعد الوصول إلى المملكة المتحدة . ثم عثر على الغاز الطبيعي بالقرب من الشاطئ الشرقي للمملكة المتحدة بحيث أصبح استيراده من شمال أفريقيا غير اقتصادي . وتم إنجاز خطة مناسبة لإحلال الغاز الطبيعي بدلاً من غاز الاستصباح حتى عام ١٩٧٥ . ونظراً لأن القيمة السعوية للغاز الطبيعي تبلغ ضعف مثلها لغاز الاستصباح فقد كان لازماً إجراء تغييرات في أجهزة استعمال هذا الغاز .

وبالإضافة إلى استخدام الميثان كوقود ، فمن الممكن استخدامه كذلك في صناعة الغازات المخلفة . وصناعة الأستيلين ( الفصل الحادي عشر ) وصناعة سناج الكربون بواسطة عدة تفاعلات حرارية . وعلى الرغم من أن الميثان يعد أقل الغازات الهيدروكربونية - قابلة للتفاعل إلا أن هناك إمكانية لإدخاله في تفاعلات مع مواد متعددة . فمن الممكن أن يتفاعل مع كميات كبيرة من الكلور للحصول على كلوريد الميثيل وكلوريد الميثيلين والكلور وفورم ورايع كلوريد الكربون كما يلي :

ك يد ، ← ك يد ، كل ← ك يد ، كل ← ك يد ، كل ← ك كل ،

كما يمكن التحكم في التأكسد غير الكامل للميثان للحصول على الكحول

الميثيلي والفورمالدهايد :

ك يد ، ← ك يد ، أيد ← يد . ك يد أ + يد ، أ  
 ويتفاعل الميثان مع الأمونيا فنتج الهيدرازين ، ومع الكبريت أو كبريتيد  
 الهيدروجين فينتج ثاني كبريتيد الكربون ، ومع حمض النتريك فينتج النيتروميثان .

### الايثيلين :

اعتمد نمو الصناعات الكيماوية العضوية الثقيلة منذ الحرب العالمية  
 الثانية إلى حد كبير على تطوير أساليب إنتاج الإيثيلين بتكلفة رخيصة لتحويله  
 إلى عدد من المواد النافعة مثل البولي ايثيلين وأكسيد الإيثيلين والجليكول والإيثانول  
 وعديد من المنتجات التي يدخل الكلور في تركيبها . ونظراً لإمكانية إنتاج الإيثيلين  
 بتكلفة توازي حوالى ٤٠ ٪ من تكلفة إنتاج الأستيلين ، ظهر اتجاه نحو تصنيع  
 عدد من المواد التي كانت تنتج سابقاً من الأستيلين باستبداله بالإيثيلين  
 ( الفصل الحادى عشر ) .

ويستفاد من الإيثيلين فى عمليات إنضاج الفاكهة ، لذلك يتم تسويقه  
 على هيئة غازية داخل أسطوانات . ومن المستحسن إنتاج الإيثيلين اللازم  
 للأغراض المحلية على نطاق التشغيل مع النظر بعين الاعتبار إلى تكلفة التسويق  
 - بطريقة غير مستمرة كلما دعت الحاجة إلى ملء الأسطوانات ، وذلك  
 بواسطة تفاعل إزالة المياه من الكحول :



فيمرر الكحول عند درجة حرارة حوالى ٣٥٠ م على عامل مساعد مثل  
 الألومينا أو حمض الفوسفوريك على فحم الكوك ، ويترسب الكربون بعد  
 فترة معينة على فحم الكوك وينبغى إزالته . ومن المحتمل أن يحتوى الإيثيلين  
 الناتج على آثار من الأحماض والألدهيدات يلزم إزالتها بغسل الغاز بالماء .  
 ويعتبر التحكم فى إنضاج عديد من الفواكه والخضروات خاصة الموالح  
 من الميادين ذات الأهمية الكبيرة من الناحية التجارية . ويستخدم لذلك

الإيثيلين كهرمون إنضاج . كما أن للإيثيلين خواص مخدرة بنفس درجة تخدير أكسيد التروزر . ولكنه لم يعد يستخدم لذلك الغرض .

### أول أكسيد الكربون :

سقت الإشارة في الفصل (الثاني عشر) إلى استخدام كميات كبيرة من أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين وبعض عمليات التخليق الخاصة . كما أن الحاجة إليه شديدة بكميات كبيرة في صناعة النيكل واستخلاصه . حيث يستخدم لتقية النيكل عند درجة ٤٥ مئوية بعد اختزال الأكسيد .  
لنحصل على كربونيل النيكل :



ثم يتحلل الكربونيل الغازي وينتج النيكل وأول أكسيد الكربون الذي تعاد مداولته بإمراره على كريات النيكل عند درجة حرارة حوالي ١٨٠٠ م . وقد أجريت هذه التفاعلات في أول أمرها تحت الضغط الجوي العادي . ثم تطور الأمر في السنوات الماضية إلى إجرائها تحت ضغط ٢٠ جوى . ويتم الحصول على عدد من الاسترات والأحماض والهيدروكسيدات بتفاعل أول أكسيد الكربون الذى تبلغ درجة نقاوته ٩٩٪ مع مواد مناسبة . ومن أمثلة نواتج التفاعلات حمض الخليك وحمض البروبيونك . وخالات الميثيل . وفورمات الميثيل وبروبيونات الإيثيل . ويمكن ذكر أحد هذه التفاعلات على سبيل المثال حيث يتفاعل أول أكسيد الكربون مع الماء ولإيثيلين تحت ضغط ٢٠٠ جوى ودرجة حرارة ٢٥٠ - ٢٨٥ مئوية في وجود عامل مساعد من ملح نيكيل . فيتكون حمض البرونيك :

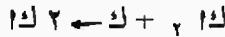


ويصنع أول أكسيد الكربون اللازم لهذا التفاعل الامتصاص الاتقائي له

من بين مكونات غاز الماء ، أو أى غاز آخر مشابه باستخدام مادة مناسبة مثل فورمات - كربونات الأمونيوم والنحاسوز « تحت ضغط . ويمكن استخدام طريقة للفصل عند درجة حرارة منخفضة كبديل للفصل الانتقائي . ويمكن تحضير كميات صغيرة من أول أكسيد الكربون اللازم للأغراض الأخرى فى المعمل الكيميائى فى حالة نقيّة بإزالة الماء من حمض الفورميك النقي بواسطة حمض الكبريتيك المركز :



وتجرى عملية غسل للغاز بعد ذلك من ثانى أكسيد الكبريت ويحفف . ويمكن الحصول على كميات أكبر من ذلك بتفاعل ثانى أكسيد الكربون مع فحم الكوك المسخن حتى درجة الأحمرار :



ويمكن التخلص من مركبات الكبريت المصاحبة بالإمرار على فحم منشط .

### ثانى أكسيد الكبريت :

يوجد ثانى أكسيد الكبريت عند درجة الحرارة العادية وتحت الضغط الجوى فى صورة غازية ، ويمكن إسالته باستخدام ضغط بسيط ، أو بتبريده حتى - ١٠م تحت الضغط الجوى .

ويذوب غاز ثانى أكسيد الكبريت بدرجة كبيرة فى الماء ولا يماثله فى درجة الذوبان فى الماء إلا الأمونيا وهاليدات الهيدروجين من بين جميع الغازات ، إذ يستطيع حجم واحد من الماء عند درجة حرارة ١٥م وتحت الضغط الجوى أن يذيب ٤٥ حجماً من ثانى أكسيد الكبريت . ويحتوى المحلول الناتج على بعض من حمض الكبريتوز يدب كب أ ٣ .

وخلافاً لاستخدام ثاني أكسيد الكبريت كمركب وسيط في أثناء تصنيع حمض الكبريتيك ، فإن له استخدامات صناعية أخرى هامة . فهو يستخدم عاملاً مختزلاً وكما مادة حافظة ومدخنة في الزراعة ، وفي الصناعات الغذائية وفي بعض المنتجات الحيوانية والنباتية . كما يستخدم كمادة مبردة وكمذيب في الصناعات البترولية .

ويصنع ثاني أكسيد الكبريت في الصناعة بإحراق الكبريت ، على الرغم من إنتاج جزء منه من الغازات المضيفة كالغازات المتصاعدة من عمليات الصهر الكيميائي . ويجرى امتصاص ثاني أكسيد الكبريت الناتج عن إحراق الكبريت بواسطة الماء ، ثم يسخن المحلول بواسطة بخار ماء تحت ضغط منخفض ، ويحذف ثاني أكسيد الكبريت المتصاعد بواسطة حمض الكبريتيك ثم يضغط داخل أسطوانات . وتستخدم كمية ضخمة من بخار الماء للتجفيف نظراً للقابلية المرتفعة للذوبان ، كما يفقد بعض الغاز في أثناء ذلك . ونتيجة لذلك يصبح من اللازم عند استعادة ثاني أكسيد الكبريت من الغازات المضيفة أن تستخدم مادة مذيبة مثل الداي ميثيل أنيلين . ثم تجرى عملية الاسترجاع بواسطة بخار الماء والتجفيف بواسطة حمض الكبريتيك .

ويباع ثاني أكسيد الكبريت على هيئة سائل مائي أبيض خال من ثالث أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك . وتبلغ درجة نقاوة النوع التجاري العادي ٩٩,٩٪ على الأقل ، ولكن في حالة الاستخدام لأغراض التبريد يستخدم نوع لا مائي لا تقل درجة نقاوته عن ٩٩,٩٨٪ . وينقل الغاز داخل أوعية من الفولاذ أو في أسطوانات أو خزانات ، ويمكن الاتفاق على الطور (الصنف) المطلوب منه سواء كان غازياً أو سائلاً .

### الأوزون :

غاز تصعب صناعته تجارياً بدرجات تركيز تزيد عن حوالي ٢٪ .

في الأكسجين . وحتى عند هذا التركيز فإنه يتحلل ببطء في أثناء التخزين . لذلك يتم تصنيعه في موقع استخدامه . وتجرى عملية التصنيع بإمرار تفرغ كهربائي صامت خلال الهواء أو الأكسجين . وتتسرب الحرارة الناتجة عن التفرغ بسهولة في حالة الإنتاج على نطاق ضيق ، فإذا زاد حجم العمل أصبح لزاماً اتخاذ خطوات إيجابية للتأكد من تسرب الحرارة . وأصلح الوسائل لذلك هي جهاز ويلزباخ لتصنيع الأوزون الذي يعطي منتجاً يحتوي على ١,٥ - ٢٪ بالوزن من الأوزون في حالة استخدام الأكسجين كمادة خام ، ١٪ في حالة استخدام الهواء . ويعمل هذا الجهاز عند ضغط يصل إلى ٢ جوى ، وتستطيع أضخم أنواع هذا الجهاز إنتاج سبعة كيلوجرامات (تقريباً) كل ساعة مع استخدام الأكسجين .

فإذا استخدم الهواء ، فإن المنتج لن يحتوي على الشوائب الموجودة أصلاً في الهواء فحسب ، ولكنه سيحتوي كذلك على أكسيد النتروز وخامس أكسيد الفوسفور . ويتحد المركب الأخير مع بخار الماء الموجود في الهواء فيكون حمض الفوسفوريك . فإذا استخدم هواء غير مخفف تكوّن قليل من فوق أكسيد الهيدروجين وتنخفض الكفاءة الكهربائية . ولذلك يستحسن استخدام هواء جاف . ويمكن - في بعض الأغراض - تجاهل الكميات الطفيفة من فوق أكسيد الهيدروجين وخامس أكسيد النتروجين ، أما إذا كان التخلص منهما ضرورياً فيستخدم لذلك العسيل بالماء . وعندما يكون الأوزون مطلوباً في الإنتاج الكيميائي يراعى الحصول عليه من الأكسجين مع إعادة مداولة الأكسجين غير المستخدم . أما إذا كان مطلوباً للأغراض الأخرى مثل معالجة المياه لتنقيتها أو معالجة العوادم فيكون تصنيعه من الهواء .

وما تجدر الإشارة إليه أن الأوزون مادة خطيرة للغاية ، إذ يبلغ حد الأمان مع التعرض الطويل له ٠,١ جزءاً من المليون في الهواء بالمقارنة بنسبة ١٠٠ جزء من المليون في حالة أول أكسيد الكربون . وقد أوضحت الأبحاث العملية أن

الأوزون السائل ينفجر بسهولة وكذلك الحال مع الغازات التي تحتوى على أكثر من ٢٠٪ من الأوزون فى الأكسجين .

والأوزون مادة مؤكسدة قوية كما أنه مضاد قوى للجراثيم ولا تتخلف عنه أية مواد ، إذ أن أية كمية غير مستخدمة تتحول إلى أكسجين . ويستخدم على هيئة غازية مخففة لتنقية مياه الشرب ، ولعلاج العوادم الصناعية ، ولإزالة الروائح من الهواء ، ولقصر القطن ولنع البكتريا من النمو داخل غرف التخزين الباردة . كما يستخدم فى عدد من التفاعلات العضوية ، أشهرها تحويل حمض الأوليك ك<sup>١٧</sup> يد<sup>٣٣</sup> . ك<sup>١١</sup> يد إلى نسب متساوية من حمض البالارجونيك ك<sup>٨</sup> يد<sup>١٧</sup> . ك<sup>١١</sup> يد وحمض الآزليك (ك<sup>٢</sup> يد<sup>٤</sup>) (ك<sup>١١</sup> يد<sup>٤</sup>) . ومما هو جدير بالذكر أن إنتاج الولايات المتحدة من الأوزون يصل إلى ٦٠٠٠ طن سنوياً .

### المخلوطات الغازية :

غالباً ما يحتاج مستهلكو الغازات الصناعية إلى خليط من غازين أو أكثر . ويتم خلط الغازات فى الموقع على نطاق واسع مثل مخلوط الهيدروجين مع النروجين أو أول أكسيد الكربون . ولكن الموردين للغازات الصناعية يقومون أحياناً بتوفير عديد من المخلوطات القياسية داخل أسطوانات . ويوجد بعض من هذه المخلوطات لا يتطلب الأمر دقة بالغة فى نسب مكوناتها ، لذلك تتوفر دائماً على نطاق واسع ، بينما يجهز البعض الآخر كطلبية خاصة ويتم توريدها مع شهادة بتحليلها . ومن الضرورى مراعاة عدم إسالة أى من الغازات المكونة للمخلوط داخل الأسطوانة وإلا أدى ذلك إلى عدم ثبات تركيب الغاز المسحوب من الأسطوانة . كما ينبغى ألا تتفاعل المكونات مع بعضها داخل الأسطوانة وألا تكون أى مخلوط قابل للانفجار .

وقد سبقت الإشارة فى هذا الكتاب إلى عدد من المخلوطات المجهزة

صناعياً مثل مخلوط الأكسجين - الهليوم اللازم للغواصين ، ومخلوط الأرجون - نتروجين اللازم للملء المصابيح الكهربائية ، وبعض المخلوطات المستخدمة كغاز واق في أثناء عمليات اللحام . كما تدخل هذه المخلوطات في صناعة أشباه الموصلات ومعايرة الأجهزة والاستدلال على التسرب ومعالجة الأجواء ، البيولوجية .



ملحق رقم ( ١ )

## الحصول على منتجات مخلقة من أول أكسيد الكربون واستغلال المصادر المتاحة في الدول العربية

مقدمة :

استطاع التقدم التكنولوجي خلال السنوات الأخيرة أن يخطو خطوات واسعة نحو الحصول على عديد من المنتجات من مصادر لم يسبق استغلالها بدرجة اقتصادية ويعتبر الغاز الطبيعي أحد هذه المصادر حيث انقضى العهد الذي كان يحرق فيه هذا الغاز في حقول البترول تخلصاً منه . وتنوعت طرق استغلاله والاستفادة به . وتمثل عمليات تخليق عدد من المنتجات الكيميائية بالاعتماد على تفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين واحدة من العمليات السابقة ذات الأهمية البالغة من الناحية التجارية . ويستخدم الغاز الطبيعي للحصول على النسب المطلوبة لمخلوط أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين اللازم لعمليات التخليق .

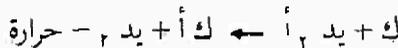
وقد أصبح من الأمور الحيوية أن تهتم الدول العنية بمصادر المواد الخام بالسير في طريق تصنيع هذه المواد الخام والحصول على منتجات ذات قيمة اقتصادية مرتفعة . لذلك كان من الضروري أن تفتن الدول العربية العنية بمصادر الغاز الطبيعي إلى عمليات التخليق التي تجرى للاستفادة منه وأن تبحث كيفية تطبيق هذه العمليات وإنشاء الوحدات الصناعية الخاصة بها .

الأسس الفنية لعمليات التخليق :

ترجع القابلية الشديدة لغاز أول أكسيد الكربون إلى التفاعل كيميائياً

لوجود روابط غير مشبعة لجزيئات الكربون . ويترتب على هذه القابلية الشديدة التفاعل التوصل إلى عدة عمليات للتخليق تعتمد على تفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين . كما تستخدم في هذه العمليات مجموعة من العوامل المساعدة بغرض الإسراع ، من بينها بعض الفلزات كالحديد والنيكل والكوبلت والرuthenium والنحاس وكذلك أكاسيد الثوريوم والمغنيسيوم والألمنيوم والوتاسيوم والزنك والكروم . ويمكن الحصول من تفاعلات التخليق التي تعتمد على أول أكسيد الكربون على الميثيل والكحولات المرتفعة والألدهيدات والليبتونات والاسترات والأحماض العضوية وبعض المركبات العضوية الأخرى ، وذلك بتغيير العامل المساعد ودرجة حرارة التفاعل والضغط ونسب المواد الداخلة في التفاعل .

وعادة ما تقع النسب الحجمية لمكونات التفاعل التخليقي الذي يعتمد على أول أكسيد الكربون والهيدروجين في الحدود من ١ : ١ حتى ٣ : ١ . كما تتراوح درجة الحرارة بين ١٥٠ ، ٥٠٠ درجة مئوية ، وهي من العوامل المؤثرة على هذه التفاعلات . وكلما ازدادت فاعلية العامل المساعد المستخدم انخفضت درجة الحرارة اللازمة . كما يساعد استخدام الضغط المناسب على توجيه التفاعل وجهة محددة . والحصول على تركيب كيميائي محدد . ويستخدم كل من الأنواع الصلدة والغازية للوقود للحصول على مخلوط أول أكسيد الكربون والهيدروجين ويطلق عليه غاز التخليق ، ويستخدم كمادة أولية للتفاعلات ، ويتم الحصول على هذا المخلوط بالتحويل الغازي للوقود الجامد (الصلب) بواسطة بخار الماء أو مخلوط من بخار الماء مع الأكسجين ، ويمكن بهذه الطريقة الحصول على مخلوط يداني في نسبة مكوناته نسبة مكونات غاز الماء .



ويمكن زيادة نسبة الهيدروجين في المخلوط بتحويل جزء من أول أكسيد الكربون إلى ثنائي أكسيد كربون كما في التفاعل التالي :



ويمكن فصل ثنائي أكسيد الكربون المتكون بواسطة الماء تحت ضغط أو تركه في مخلوط التخليق . ويجرى الحصول على مخلوط التخليق من الغاز الطبيعي - الذى يتكون من الميثان أساساً - بتحويل الميثان .



وتكون نسبة الهيدروجين في المخلوط الناتج أكبر من المطلوب نتيجة عدد من العمليات . لذلك يجرى التفاعل التالى - مع استخدام عامل مساعد - بين الميثان وأول أكسيد الكربون .

ويجهز غاز التخليق بأى نسبة من أول أكسيد الكربون إلى الهيدروجين بين ١ : ١ حتى ٣ : ١ بإجراء عملية تخليط بين الغازات الناتجة عن التفاعلين الأخيرين .

### تصنيع الكحول الميثيلي ( الميثانول ) :

الكحول الميثيلي ( الميثانول ) صيغته الكيميائية كيد<sub>٢</sub> أيد . وهو سائل سام شفاف عديم اللون له رائحة خفيفة وقابل للدوبان مع الماء بأية نسبة ، وتبلغ نقطة غليانه ٦٤,٧ درجة مئوية وتصل نقطة انصهاره إلى - ٩٥ درجة مئوية . وكثافته النسبية ٠,٧٩٦ . وكان يتم الحصول عليه قديماً بالتقطير الإيثاى للخشب ، ولذلك كان يطلق عليه كحول الخشب . ثم ازداد الاستهلاك منه زيادة عظيمة مع تطور الصناعات الكيميائية العضوية على وجه الخصوص ، كمذيب وكمادة تضاف إلى وقود المحركات ، وكمادة خام لازمة لتصنيع عدد من المنتجات الكيميائية - مثل الفورمالدهايد

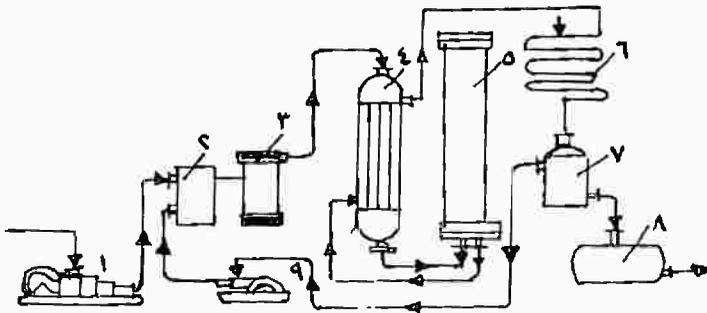
والأثير الميثيلي وحمض الأكريليك - اللازمة لإنتاج المواد البلاستيكية والمخلوطات الصامدة للصدمات والورنيشات وغيرها .

ويجرى إنتاج الكحول الميثيلي في الوقت الحاضر بالتخليق من غاز أول أكسيد الكربون والهيدروجين بالتفاعل التالي :



وهو تفاعل طارد للحرارة وقابل للانعكاس (عكسي) ، ويصاحبه خفض كبير في الحجم كما يحتاج إلى عامل مساعد . ويتحرك اتران التفاعل تحت الضغط المرتفع ناحية تكوين الكحول الميثيلي ، كما يتحرك إلى الناحية العكسية مع ازدياد درجة الحرارة .

ويستخدم في الصناعة عامل مساعد من الزنك والكروم ( ٨ خ ١ + كر ١٠ ) عند ضغط ٢٠٠ - ٣٠٠ جوى ( وأحياناً يصل إلى ٥٠٠ جوى ) ودرجة حرارة ٣٧٥ - ٤٠٠ مئوية . ويجرى التفاعل بسرعات مرتفعة للغاية حتى لا يصل إلى حالة الاتزان ، وتبلغ درجة تركيز الكحول الميثيلي بعد مرور المواد الخام دورة واحدة على العامل المساعد ٥ - ٢٠ % ، ويتم فصل هذه النسبة وإعادة إمرار المخلوط لدورات أخرى . وتزداد نسبة الهيدروجين في المخلوط فتصل في بعض



شكل (١)  
تخليق الكحول الميثيلي

الحالات إلى ٤ : ١ لزيادة العائد من الكحول الميثيلي .  
وتنشأ بعض التفاعلات الجانبية الأخرى بين أول أكسيد الكربون والهيدروجين  
ويمكن الحد من هذه التفاعلات باستخدام عامل مساعد مناسب مع ضغط  
مرتفع .

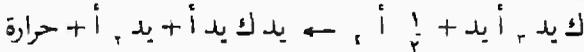
ويتضح مما سبق وجود تشابه بين عمليتي تخليق الأمونيا والميثانول ، كما  
يبدو واضحاً من استقرار لوحتي تشغيل كل من العمليتين .  
وتسير عملية التشغيل ، كما هو مبين بشكل (١) وضغط غاز التخليق  
إلى ٢٥٠ جوى فى الضغوط ( الشحان ) ( رقم ١ ) ثم تتصل إلى الخلاط  
( رقم ٢ ) حيث يخلط مع الغاز المداوم القادم من الضغوط ( رقم ٩ ) .  
ويعر الغاز من الخلاط إلى المرشح ( رقم ٣ ) للتخلص من الزيت الذى يلوث المخروط  
الغازى من ترليق الضغوط . ثم يمر الغاز خلال المبادل الحرارى ( رقم ٤ )  
حيث يسخن حتى درجة ٢٢٠ مئوية ، ثم يتجه للمحول ( رقم ٥ ) حيث  
تجرى عملية التخليق الطاردة للحرارة فترتفع درجة الحرارة . ويمر الغاز الساخن  
من المحول إلى الفراغ الداخلى للمبادل الحرارى حيث يجرى تبريده بفقد الحرارة  
ليكتسبها الغاز الداخلى إلى عملية التخليق ، وبذلك تسير العملية بالحرارة  
الذاتية . ويتجه الغاز من المبادل الحرارى إلى المكثف الذى يجرى تبريده  
بالماء ثم إلى جهاز الفصل ( رقم ٣ ) لفصل الكحول الميثيلى المتكثف ، ويعاد  
المخروط غير المتفاعل إلى دورة الإنتاج بواسطة ضغوط المداولة ( رقم ٩ ) .  
ويتجه الكحول الميثيلى المفصول إلى خزان ( رقم ٨ ) حيث تجرى عليه عملية  
تقطير للحصول على الكحول نقياً . ويراعى سجب مخلوط الغاز بصورة  
دورية من العملية لتنقيته من الشوائب وخفض نسبتها . ويستهلك ٧٠٠ متر  
مكعب من أول أكسيد الكربون مع ١,٤٠٠ - ٢٠٠٠ متر مكعب من  
الهيدروجين لإنتاج طن واحد من الكحول الميثيلى . ويصنع برج التخليق  
من فولاذ خاص .

### تصنيع الفورمالدهايد :

قانونه الكيميائي يد ك يد أ ، وهو الدهيد حمض الفورميك ، وهو منتج غازي عند درجات الحرارة العادية وله رائحة حادة مميزة . ويسيل الفورمالدهايد بالتبريد ، وتبلغ نقطة غليانه - ٢١ درجة مئوية ونقطة انصهاره - ٩٢ درجة مئوية . ويطلق على المحاليل المخفضة التي تحتوى على ٣٣ - ٤٠ ٪ من الفورمالدهايد اسم الفورمالين . والفورمالد هايد مادة شديدة القابلية للتفاعل وتستخدم على نطاق واسع كمادة خام نصف مصنعة لتخليق عدد لا بأس به من المنتجات العضوية - كالراتنجات الاصطناعية والمواد البلاستيكية وحمض الجليكوليك وغير ذلك من المنتجات العضوية . والفورمالدهايد مادة سامة ، ويستخدم محلولا المخفف ( الفورمالين ) لمعالجة البنور وغرف تشييزن الخضراوات المعقمة . الخ .

ويصنع الفورمالدهايد بصفة أساسية بأكسدة الكحول الميثيل بالهواء في وجود عامل مساعد من الفضة التي تتخذ شكل بلورات كبيرة أو راسب على مادة مسامية حاملة ( مثل حجر الخفاف ) .

ويصنع الفورمالدهايد من التفاعل التالى :



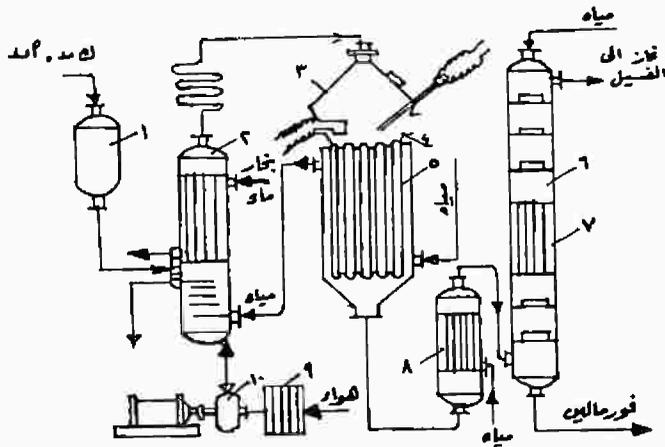
ويتم التفاعل في وجود ٨٠ ٪ فقط من كمية الهواء اللازمة له لتجنب الأثر العكسي لارتفاع درجة الحرارة على اتجاه سريان التفاعل بما يخفض كمية الحرارة المعتقة . كما يضاف بخار الماء أحيانا إلى المخلوط الأساسى للهواء وبخار الميثانول لنفس الغرض فتستغل الحرارة المتصاعدة لتسخين بخار الماء وبذلك تحتفظ بدرجة الحرارة الكلية للعملية عند المنسوب المطلوب .

ويراعى تجنب تلوث العامل المساعد (الفضة) بأتربة الحديد أو أكاسيده أثناء تصنيع الفورمالدهايد نظراً لأثر الحديد كعامل مساعد في تنشيط التفاعلات الجانبية الآتية :

كيد - أيد  $\leftarrow$  ك أ + ٢ يد  
 ٢ ك أ  $\leftarrow$  ك أ + ٢ ك

حيث ينتج سناج الكربون ويترسب على المضخة فيقلل من نشاطها كعامل مساعد . وبالتالي يتحتم التأكد من خلط الهواء والميثانول وبخار الماء المستخدمة في التفاعل من الأتربة . ويوضح شكل ( ٢ ) برنامج تشغيل عملية تصنيع الفورمالدهايد .

يدخل الكحول الميثيلي من المستودع ( رقم ١ ) إلى الجهاز ( رقم ٢ ) عند القاعدة . ويمر الهواء اللازم لعملية الأكسدة خلال المرشح ( رقم ٩ ) والنفاخ ( رقم ١٠ ) إلى الجهاز ( رقم ٢ ) حيث يمرر كفقاعات خلال الكحول الميثيلي . ويعمل قاع الجهاز ( رقم ٢ ) كعامل تصعيد والجزء العلوى كمسخن . وتثبت درجة حرارة الجزء السفلى من الجهاز عند ٤٠ - ٥٠ درجة مئوية بمساعدة المياه الساخنة التي تنساب خلال الملفات . ويسخن الجزء العلوى من الجهاز بتيار من بخار الماء الذى يمر خلال الفراغ الداخلى ، كما يسخن مخلوط الهواء - بخار الماء - الميثانول المتصاعد من الجزء السفلى داخل أنابيب الجزء



شكل ( ٢ )

إنتاج الفورمالدهيد

العلوى حتى درجة ١١٠ مئوية . ويدخل المخلوط بهذه الدرجة من الحرارة إلى المحول ( رقم ٣ ) الذى يحتوى على طبقة من العامل المساعد ( رقم ٤ ) . ويمر الغاز الساخن أسفل طبقة العامل المساعد خلال أنابيب يجرى تبريدها بالماء ثم تستخدم خلال الجزء السفلى من الجهاز لخلق درجة الحرارة اللازمة لتصعيد الكحول الميثيلى . وتنت درجة حرارة العامل المساعد عند ٦٥٠ - ٧٠٠ درجة مئوية . ويحتوى الغاز عند خروجه من طبقة العامل المساعد على ٢٠ - ٣١ ٪ من الفورمالدهايد ، ٣٦ - ٣٨ ٪ من النتروجين مع مخلوط من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون والميثان والميثانول . . الخ . ويمجرى تبريد إضافى للغاز الناتج من المحول خلال مبرد بأنابيب ( رقم ٨ ) حتى درجة حرارة حوالى ٦٠ مئوية ، حيث يدخل إلى برج امتصاص ( رقم ٦ ) تحول فيه المياه إلى دش ويزود البرج بمبرد ( رقم ٧ ) . ويحتوى المحلول الناتج من الفورمالين من ٣٣ حتى ٤٠ ٪ محلول فورمالدهايد فى الماء - على ١٠ - ١٢ ٪ من الكحول الميثيلى . وتعتبر هذه النسبة شائبة مفيدة إذ أنها تؤخر بلمرة الفورمالدهايد خلال تشويته . ويبلغ عائد الفورمالدهايد حوالى ٨٠ ٪ .

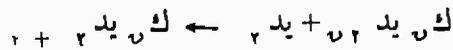
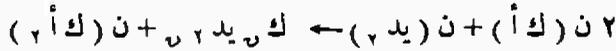
### تصنيع الهيدروكربونات :

تجرى عملية تخليق الهيدروكربونات من أول أكسيد الكربون والهيدروجين تحت الضغط الجوى العادى أو تحت ضغط منوسى ( ٧ - ١٢ حوى ) ، وعند درجات حرارة ١٦٠ - ٢٠٠ مئوية . ويمرر غاز التخليق - الذى سبق تنقيته - خلال محول مع استخدام عامل مساعد فلزى . ويسير التفاعل الخاص بتخليق الهيدروكربونات فى أحد المسارات التالية ، تبعاً للعامل المساعد المستخدم .

أ - مع عامل مساعد من النيكل :



ب - مع عامل مساعد من الحديد أو الحديد والنحاس :



وتنتج هذه العملية أساساً هيدروكربونات من سلسلة البارافينات .  
وتعد هذه العملية من العمليات ذات الأهمية الكبيرة من الناحية التجارية ،  
إذ تعد مصدراً للموارد اللازمة لتخليق عديد من المركبات العضوية . ويعتبر  
فصل الهيدروكربونات المخلوطة الناتجة عن عملية التخليق عن بعضها البعض  
أسر من فصلها من منتجات تصنيع البترول .

## ملحق رقم (٢)

## العناصر الكيميائية ورموزها

الرمز		سلسل العنصر	الرمز		سلسل العنصر	
عربي	أفريقي		عربي	أفريقي		
Pd	بلد	١٧	V	ينز	١	إتريوم
Pr	ببس	١٨	Er	بير	٢	إربيوم
Pa	بت	١٩	Ar	جو	٣	أرجون
Br	بر	٢٠	Os	م	٤	أزنيوم
Pm	بث	٢١	Al	ستا	٥	ألمنيوم
Bi	بز	٢٢	Ac	كت	٦	أكتينيوم
Pt	بلا	٢٣	Al	لو	٧	ألومنيوم
Pu	بلو	٢٤	Am	مر	٨	أمريسيوم
K	بر	٢٥	Sb	نت	٩	أنتيمون
B	ب	٢٦	In	ند	١٠	إنديوم
Po	بل	٢٧	Eu	ي	١١	أوروبيوم
Bk	بك	٢٨	O	ا	١٢	أكسجين
Bc	ببر	٢٩	Yb	يت	١٣	إيتربيوم
Tb	تبر	٣٠	Ir	ير	١٤	إيريديوم
Tc	تك	٣١	Es	ش	١٥	اينشتاينيوم
Te	تل	٣٢	Ba	با	١٦	باريوم

الرمز		مسلسل العنصر	الرمز		مسلسل العنصر
عربي	أفريقي		عربي	أفريقي	
As	ز	٥٥ زرنينخ	Ta	تا	٣٣ تانتاليوم
Xe	نو	٥٦ زينون	W	تن	٣٤ تنجستن
Sr	ست	٥٧ سترنشيوم	Ti	تي	٣٥ تيتانيوم
Ce	سر	٥٨ سيريوم	Tl	ثا	٣٦ ثاليوم
Cs	سز	٥٩ سزيوم	Th	ثر	٣٧ ثوريوم
Sc	سك	٦٠ سكانديوم	Tm	ثل	٣٨ ثوليم
Se	سل	٦١ سيلييوم	Ga	جا	٣٩ جاليوم
Sm	سم	٦٢ سماريوم	Gd	جد	٤٠ جدولينيوم
Si	س	٦٣ سيليكون	Ge	جر	٤١ جرمانيوم
Na	ص	٦٤ صوديوم	Fe	ح	٤٢ حديد
V	فا	٦٥ فاناديوم	Zn	خ	٤٣ خارصين
Ag	ف	٦٦ فضة	Dy	يس	٤٤ ديسپروزيوم
F	فل	٦٧ فلور	Au	ذ	٤٥ ذهب
Fm	فم	٦٨ فرميوم	Rn	د	٤٦ رادون
Fr	فر	٦٩ فرنسيوم	Ra	ر	٤٧ راديوم
P	فو	٧٠ فوسفور	Pb	ص	٤٨ رصاص
Sn	في	٧١ قصدير	Rb	بيد	٤٩ روبيدوم
Cf	كف	٧٢ كاليفورنيوم	Ru	ثم	٥٠ روثنيوم
S	كب	٧٣ كبريت	Rh	ض	٥١ روضيوم
Cd	كد	٧٤ كاديوم	Re	نيم	٥٢ رينيوم
C	ك	٧٥ كربون	Hg	م	٥٣ زئبق
Cr	كر	٧٦ كروم	Zr	كن	٥٤ زركونيوم

الرمز	مسلسل العنصر	الرمز	مسلسل العنصر
عربي	ألفبجي	عربي	ألفبجي
N	٩١ نيتروجين	Kr	٧٧ كrypton
Cu	٩٢ نحاس	Ca	٧٨ كالسيوم
No	٩٣ نوبليوم	Cl	٧٩ كلور
Ni	٩٤ نيكيل	Co	٨٠ كوبالت
Nb	٩٥ نيوبيوم	Cm	٨١ كورنيوم
Nd	٩٦ نيوديميوم	La	٨٢ لانثانوم
Ne	٩٧ نيون	Lu	٨٣ لوتشيوم
Hf	٩٨ هافنيوم	Lw	٨٤ لورنسيوم
He	٩٩ هيليوم	Li	٨٥ ليثيوم
Ho	١٠٠ هولميوم	Mg	٨٦ مغنيسيوم
H	١٠١ هيدروجين	Md	٨٧ منداليفيم
I	١٠٢ يود	Mn	٨٨ منجنيز
U	١٠٣ يورانيوم	Mo	٨٩ موليبدنيم
-	-	Np	٩٠ نبتونيوم

## غاز الكريبتون

٣٦	العدد الذرى
٢,٠ أنجستروم	نصف القطر الذرى
٣٢,٢ سم <sup>٣</sup> / جرام ذرى	الحجم الذرى
٨٣,٨٠	الوزن الذرى
-١٥٢,٩ م	نقطة العليان
صفر	التكافؤ الكيميائى
عديم اللون	اللون
١,٠٨٦ أنجستروم	نصف قطر الرابطة التساهمية
٠,٩٠٨٥ جرام / سم <sup>٣</sup>	الكثافة الحرجة
٥٤,٢٧ ضغط جوى	الضغط الحرج
-٦٣,٧٧ م	درجة الحرارة الحرجة
٣,٤ جرام / سم <sup>٣</sup> (صلب) عند -٢٧٣ م	الكثافة
٣,٧٤٣ × ١٠ - <sup>٣</sup> جرام / سم <sup>٣</sup> (صفر م)	
٣,١٢٢٤٩ جرام / أمبير - ساعة	المكافئ الكهروكيميائى
٨, ١٨, ٨, ٢	توزيع الألكترونات فى المدارات
٤,٩٦٨ كالورى / جرام جزئى / م	المسعة الحرارية
(كريبتون + <sup>١</sup> ) ١,٩٨ أنجستروم	نصف القطر الأيونى
-١٥٦,٦ م	نقطة الانصهار
٣٢٢ كيلو كالورى / جرام جزئى	طاقة التآين
١٣,٩٦٦ الكترن فولت .	جهد التآين

## غاز النتروجين

٧	العدد الذرى
٠,٩٢ أنجستروم	نصف القطر الذرى
١٧,٣ سم <sup>٣</sup> / جرام ذرى	الحجم الذرى
١٤,٠٠٦٧	الوزن الذرى
١٩٥,٨- م	نقطة الغليان
٥,٣	التكافؤ الكيميائى
عديم اللون	اللون
٠,٧٥ أنجستروم	نصف قطر الرابطة التساهمية
٠,٣١١٠ جرام / سم <sup>٣</sup>	الكثافة الحرجة
٣٣,٥ ضغط جوى	الضغط الحرج
١٤٧,١- م	درجة الحرارة الحرجة
٣,٢٢ سم <sup>٣</sup>	الحجم الحرج
١,٢٥٠٥ × ١٠ - <sup>٣</sup> جرام / سم <sup>٣</sup> (صفرم)	الكثافة
١,١٤ (جامد ، -٢٠٣ م)	
٠,١٠٤٥٢ (٥ +) جرام / أمبير	المكافئ الكهروكيميائى
- ساعة	
٥,٢	توزيع الألكترونات فى المدارات
٣,٤٨ كالورى / جرام جزيئى / م	السعة الحرارية
٠,٦٧ كيلو كالورى / جرام جزيئى	حرارة التصعيد
٣٢٥ كيلو كالورى / جرام جزيئى	طاقة التأين
١٤,٨٤ إلكترون فولت	جهد التأين

## غاز الأرجون

١٨	العدد الذرى
١,٩١ أنجستروم	نصف القطر الذرى
٢٤,٢ سم <sup>٣</sup> / جرام ذرى	الحجم الذرى
٣٩,٩٤٨	الوزن الذرى
- ١٨٥,٨ م	نقطة الغليان
صفر	التكافؤ الكيميائى
عديم اللون	اللون
١,٧٤ أنجستروم	نصف قطر الرابطة التساهمية
٠,٥٣٠٨ جرام / سم <sup>٣</sup>	الكثافة الحرجة
٤٨ ضغط جوى	الضغط الحرج
- ١٢٢ م	درجة الحرارة الحرجة
١,٨٨ سم <sup>٣</sup>	الحجم الحرج .
١,٦٥ جرام / سم <sup>٣</sup> (- ٢٣٣ م)	الكثافة
١,٧٨ × ١٠ - <sup>٣</sup> جرام / سم <sup>٣</sup> (صفر م)	
٨ ، ٨ ، ٢	توزيع الألكترونات فى المدارات
٨	النظائر
١٠ × ٠,٤٠٦ - كالورى / سم <sup>٢</sup> / م <sup>٣</sup> / ث	الموصلية الحرارية
( عند درجة الصفر المئوى )	
٠,١٢٥ كالورى / جرام / م <sup>٣</sup>	الحرارة النوعية

## غاز الهليوم

٢	العدد الذرى
٠,٩٣ أنجستروم	نصف القطر الذرى
٣١,٨ سم <sup>٣</sup> / جرام ذرى	الحجم الذرى
٤,٠٠٢٦	الوزن الذرى
- ٢٦٨,٩ م	نقطة الغليان
صفر	التكافؤ الكيميائى
عديم اللون	اللون
٠,٩٣ أنجستروم	نصف قطر الرابطة التساهمية
٠,٠٦٦٣ جرام / سم <sup>٣</sup>	الكثافة الحرجة
٢,٢٦ ضغط جوى	الضغط الحرج
٢٦٧,٩ م	درجة الحرارة الحرجة
١٤,٤٥ سم <sup>٣</sup>	الحجم الحرج
٠,١٧٨٥ × ١٠ - ٣ جرام / سم <sup>٣</sup> ( صفرم)	الكثافة
٠,١٩٣ جرام / سم <sup>٣</sup> ( صلب - ٢٧٣ م)	
٠,١٤٩٣٠ جرام / أمبير - ساعة	المكافئ الكهروكيميائى
٢	توزيع الإلكترونات فى المدارات
- ٢٧٢,١ م	نقطة التجمد
( هليوم + ١ ) ٠,٩٣ أنجستروم	نصف القطر الأيونى
٥٦٧ كيلو كالورى / جرام جزيئى	طاقة التأين
٢٤,٥٨ الكترن فولت	جهد التأين
٥	النظائر
١,٢٥ كلورى / جم / م	الحرارة النوعية

## غاز الكريبتون

٣٦	العدد الذرى
٢,٠ أنجستروم	نصف القطر الذرى
٣٢,٢ سم <sup>٢</sup> / جرام ذرى	الحجم الذرى
٨٣,٨٠	الوزن الذرى
- ١٥٢,٩ م	نقطة العليان
صفر	التكافؤ الكيميائى
عديم اللون	اللون
١,٠٨٦ أنجستروم	نصف قطر الرابطة التساهمية
٠,٩٠٨٥ جرام / سم <sup>٣</sup>	الكثافة الحرجة
٥٤,٢٧ ضغط جوى	الضغط الحرج
- ٦٣,٧٧ م	درجة الحرارة الحرجة
٣,٠٤ جرام / سم <sup>٣</sup> (صلب) عند - ٢٧٣ م	الكثافة
٣,٧٤٣ × ١٠ - ١٠ جرام / سم <sup>٣</sup> (صفر م)	
٣,١٢٢٤٩ جرام / أمبير - ساعة	المكافئ الكهروكيميائى
٨ ، ١٨ ، ٨ ، ٢	توزيع الألكترونات فى المدارات
٤,٩٦٨ كالورى / جرام جزئى / م	السعة الحرارية
(كريبتون + <sup>١</sup> ) ١,٩٨ أنجستروم	نصف القطر الأيونى
- ١٥٦,٦ م	نقطة الانصهار
٣٢٢ كيلو كالورى / جرام جزئى	طاقة التأين
١٣,٩٦٦ الكترون فولت .	جهد التأين

## غاز النيون

١٠	العدد الذرى
١.٦٠ أنجستروم	نصف القطر الذرى
١٦.٨ سم <sup>٣</sup> / جرام ذرى	الحجم الذرى
٢٠.١٨٣	الوزن الذرى
- ٢٤٥.٩ م	نقطة العليان
صفر	التكافؤ الكيمايى
عديم اللون	اللون
١.٣١ أنجستروم	نصف قطر الرابطة التساهمية
٠.٤٨٣٥ جرام / سم <sup>٣</sup>	الكثافة الحرجة
٢٦.٨٦ ضغط جوى	الضغط الحرج
- ٢٢٨.٧٢ م	درجة الحرارة الحرجة
٠.٨٩٩٩ × ١٠ - <sup>٣</sup> جرام / سم <sup>٣</sup> (صفر م)	الكثافة
١.٢٠٤ جرام / سم <sup>٣</sup> (صلب ٠ - ٢٤٥ م)	
٠.٤٥٣٦٤ جرام / أمبير - ساعة	المكافئ الكهروكيمايى
٨.٠٢	توزيع الألكترونات بالمدارات
٤.٩٦٨ كالورى / جرام جزيئى / م	السعة الحرارية
(نيون + ١) ١.١٢ أنجستروم	نصف القطر الأيونى
٤٩٥ كيلو كالورى / جرام جزيئى	طاقة التأين
٢١.٥٥٩ الكترون فولت	جهد التأين
- ٢٤٨.٦٧ م	نقطة الانصهار

کستور	۱۴۶۱	۱
۱۸۰۰	۳۰۷۱۸ -	
۱۲۰۰	۳۶۰۸۱	
۱۲۰۰	۳۱۴	
۱۸۰۰	۵۰۰ ( + )	
۱۲۰۰	۵۱۷۰	
۱۲۰۰	۶۰۰۹	
۱۲۰۰	۲	
۱۲۰۰	۲۳۷۶۸ ( - )	
۱۲۰۰	۶۳۱ × ۰۱ -	
۱۲۰۰	۷۳۷۱۱ -	
۱۲۰۰	۳۱۰۵	
۱۲۰۰	۱۳۰	
۱۲۰۰	۶۷۰	
۱۲۰۰	۱۲۰۰	
۱۲۰۰	۱	
۱۲۰۰	۰۱۷۱ -	
۱۲۰۰	۳۶۶۶۰۱	
۱۲۰۰	۱۳۱	
۱۲۰۰	۰۶۰	
۱۲۰۰	۷	

تخصیصی ۱۸۰۰

## غاز الزينون

٥٤	العدد الذرى
٢,٢ أنجستروم	نصف القطر الذرى
٤٢,٩ سم <sup>٣</sup> / جرام ذرى	الحجم الذرى
١٣١,٢	الوزن الذرى
- ١٠٧,١ م	نقطة الغليان
صفر	التكافؤ الكيميائى
٢,٠٩ أنجستروم	نصف قطر الرابطة التساهمية
١,١٠٥ جرام / سم <sup>٣</sup>	الكثافة الحرجة
٥٨ ضغط جوى	الضغط الحرج
١٦,٥٩٠ م	درجة الحرارة الحرجة
٥,٨٩٥ × ١٠ <sup>-٢</sup> جرام / سم <sup>٣</sup> (صفرم)	الكثافة
٤,٨٩٨٢٤ جرام / أمبير - ساعة	المكافئ الكهروكيميائى
٨ ، ١٨ ، ١٨ ، ٨ ، ٢	توزيع الألكترونات فى المدارات
٤,٩٦٨ كالورى / جرام جزيئى / م	السعة الحرارية
٣,٠٢ كيلو كالورى / جرام ذرى	حرارة التصعيد
(زينون + ١) ٢,١٨ أنجستروم	نصف القطر الأيونى
٢٧٩ كيلو كالورى / جرام جزيئى	طاقة التأين
١٢,١٢٧ الكترون فولت	جهد التأين
- ١١٢ م	نقطة الانصهار

Shear	مقص	Thermodynamic	ديناميكا حرارية
Simultaneously	لحظي	Thermometer	ترمومتر
Sodium chloride	كلوريد الصوديوم	Turbine	توربين
Solid	جامد ( صلب )	Typical	نمطي
Space	فراغ	Unit	وحدة
Space craft	طائرة فضاء	Upper column	بروج علوى
Specification	مواصفات	Vacuum	فراغ
Steam	بخار ماء	Valve	صمام
Steel	صلب - فولاذ	Vapour	بخار
Storage	تخزين	Volume	حجم
Sulphur	كبريت	Water Vapour	بخار الماء
Sulphur dioxide	ثنائي أكسيد الكبريت	Weight	وزن
Surface	سطح	Rotor process	طريقة الروتور
System	مجموعة - نظام		

Junction	اتصال	Output	خرج - غلة
Kaldo process	طريقة الكالدو	Oxygen	أكسجين
Kelvin scale	تدرج كلفن	Pale - blue	أزرق باهت
Loss	فقد	Permanent gas	غاز دائم
Level	مستوى	Petroleum	بتروول
	طريقة ليزر - دونويز	Phase	صنف - طور
Linz - donawitz process		Physical	فيزيقي
Liquid	سائل	Plant	وحدة صناعية
	تكين درجات الحرارة المنخفضة	Powder	مسحوق
Low - temperature technique		Pressure	ضغط
Magnesium chloride	كلوريد المغنسيوم	Pressure drop	هبوط الضغط
Mechanical shock	صدمة ميكانيكية	Producer gas	غاز المولدات
Metallurgy	علم الفلزات	Product	منتج
Mild steel	صلب طرى		رطل على البوصة المربعة ( ضغط )
Mixture	مخلوط	Psi ( pounds per square inch )	
Moisture	رطوبة	Purification	تنقية
Molten iron	حديد مصهور	Purifier	جهاز تنقية
Neon	نيون	Radiation	إشعاع
Nitrogen	نتر وجين	Ratio	نسبة
	فرن المجرمة المفتوحة	Re-cvaporation	إعادة التصعيد
Open - hearth furnace		Reflector	عاكس
Operation	تشغيل - عملية كيميائية	Refrigeration	تبريد
Organic	عضوي	Resistance	مقاومة
Organic material	مادة عضوية	Return gas	غاز راجع
		Reversibility	قابلية للعكس
		Rocket	صاروخ

demand	الطلب	Glass ampoule	قنينة زجاجية
design	تصميم	Graphite	جرافيت
Distillation	تقطير	Graphitic carbon	كربون جرافيتي
Distribution	توزيع	Heat	حرارة
	برج مزدوج - عمود تقطير مزدوج	Heat exchanger	مبادل حراري
Double column		Heat transfer	انتقال الحرارة
Entropy	إنتروپيا	Helium	هيليوم
Equipment	معدات	High - purity	عالي النقاء
Expansion	تمدد	Horizontal	أفقي
Explosive	متفجر	Hydrogen	هيدروجين
Efficiency	كفاءة	Impure	غير نقي
Electric furnace	فرن كهربائي	Impurities	شوائب
Element	عنصر	Industrial gas	غاز صناعي
Empty	فارغ	Inert	خامل
Fahrenheit scale	تدرج فهرنهايت	Inert gas	غاز خامل
Filter	مرشح	Input	دخول
Fire brick	طوب ناري ( حراريات )	Instrument	أداة
Flame	لهب	Insulation	عزل ( حراري )
Flux	فيض	Iron oxide	'كسيد الحديد
Fractionating column	برج تكسير	Iron powder	سحق الحديد
Fracture	كسر	Jacket	ثار
Freezing point	نقطة التجمد	Jet	يار
Fuel	وقود		'ثير جول - طومسون
Gas compression	انضغاط الغاز	Joule - Thomson effect	
Gas mixture	مخلوط غازي		

## المصطلحات الفنية

## إنجليزي - عربي

Acetylene	أستيلين	Centigrade scale	تدرج مئوي
Accumulate	يتجمع	Cold gas	غاز مبرد
Air separation	فصل الهواء	Colour	لون
Alloy	سبيكة	Column	برج - عمود (تقطير)
Alumina	ألومينا	Column of mercury	عمود من الزئبق
Alumin[i]um	ألومنيوم	Copper	نحاس
Annular	حلقي	Cutting torch	مشعل قطع
Atmospheric pressure	ضغط جوي	Combustion	احتراق
Argon	أرجون	Complex	معقد - مركب
Austenitic	أوستينيتي	Composition	تركيب (كيميائي)
Austenitic steel	صلب أوستينيتي	Compound	مركب (كيميائي)
		Compressor	ضغوط
Boiling point	نقطة الغليان	Condense	يتكثف
Brittle	قصيف	Condenser	مكثف
By product	منتج ثانوي	Conduction	توصيل
		Consumption	إستهلاك
Calcium chloride	كلوريد الكالسيوم	Convection	حمل (حراري)
Carbon dioxide	ثاني أكسيد الكربون	Converter	محول
Carbon monoxide	أول أكسيد الكربون	Converter	طريقة المحولات
Cast iron	حديد مصبوب		
Catalyst	عامل مساعد - عامل حفاز	Cycle	دورة
Caustic soda	صودا كاوية	Cylinder	إسطوانة