الغازات الصناعية

تلعب الغازات الصناعية دوراً هاماً في حياتنا اليومية ، حيث أن بعضها مثل الأكسجين والنيتروجين والهيدروجين ، على سبيل المثال تعد مواد أساسية للكثير من الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية . يحتاج تصنيع هذه الغازات إلى استخدام تقنيات حديثة ، مثل الإسالة التي تتم تحت درجات حرارة شديدة الانخفاض وضغوط عالية ، وتعمل هذه الطريقة على تسهيل عملية تحميل الغازات داخل أسطوانة محدودة الحجم ، وشحنها ونقلها واستخدامها . فعلى سبيل المثال لتحميل حجم من غاز الأكسجين مقداره ١٢٦ م٣ عند درجة حرارة وضغط عاديين ، فإنه يكفي إسالة هذا الغاز ليصل إلى سائل ذي كتلة ١٦٩ كجم ليوضع في أسطوانة واحدة فقط زنتها ١١٣ كجم.

ولأهمية هذه الغازات في حياتنا اليومية فقد شجعت حكومة المملكة القطاع الخاص على هذه الصناعة ، حيث يوجد أكثر من عشرين مصنعا موزعة في مناطق المملكة تنتج أنواعاً مختلفة من الغازات الصناعية تشتمل على غاز النيتروجين ، والأكسجين ، والأرجون ، والهيدروجين ، وثاني أكسيد الكربون ، والنشادر .ويوضح جدول (١) الطاقة الإنتاجية السنوية لبعض المصانع في مدينة الرياض لعام ١٤١٦هـ.

لسهولة التطرق لهذا الموضوع فإنه سوف يتم استعراض كل غاز صناعي على حده من حيث خواصه الطبيعية والكيميائية وطرق التصنيع واستخداماته وبعض المعلومات العامة الأخرى وذلك كمايلي :

غاز الهيدروجين

يمثل غاز الهيدروجين (H_2) المكون الأساسي لمعظم النجوم بما فيها الشمس ، حيث ينتج الضوء والحرارة عن عملية الاندماج النووي لنظائر الهيدروجين ، مما ينتج عنها طاقة هائلة ترسل إلى الارض على هيئة حرارة وضوء وبعض الإشعاعات . فبدون غاز الهيدروجين الموجود في الشمس فإنها لاتستطيع أن تولد طاقة كافية للحياة على سطح الأرض . وعلى مستوى الكون إجمالاً يعد عنصر الهيدروجين أكثر العناصر وفرة ، حيث يمثل ٩٣٪ من العدد الإجمالي لذرات العناصر الموجودة فيه ، كما يمثل ٧٦٪ من كتلة الكون .

الطاقة الانتاجية / سنة			
الغاز	أسطوانة	لتر	طن
أكسجين	٧٨٥ر٠٠٠	٥٠٠ر٠٠٠	٠٠
أستيلين	١٩٣ر٥٠٠	٠٠	٠٠
نيتروجين	٠٠	٦٠٠ر٠٠٠	٠٠
ثلج جاف (Dry CO_2)	٠٠	٠٠	٧٣٠
غاز (CO_2)	٠٠	٠٠	٣ر٠٠٠
أرجون	٠٠	٠٠	٦٠٠

● جدول (١) الطاقة الإنتاجية السنوية لبعض الغازات الصناعية بمدينة الرياض.

أشتق اسم هذا الغاز أصلاً من الكلمتين الإغريقيتين (Hydro+gen) وهي بمعنى مولد الماء (Water Generator) حيث يتم توليد الماء عن طريق حرق الهيدروجين . يعد عنصر الهيدروجين في حالته النقية غازا عديم اللون والطعم والرائحة ، كما أنه شديد الاحتراق والانفجار . وهو من أخف العناصر في الكون، جدول (٢) ، حيث تحتوى نواة ذرته على بروتون وحيد يمثل الشحنة الموجبة ، ويدور حولها إليكتروناً واحداً ذو شحنة سالبة ، ورغم بساطة هذه الذرة فإن لها نظائر مشعة عديدة التطبيقات ، فعلى سبيل المثال يتحد نظير الديوتيريوم (Deuterium) - تحتوي نواته على بروتون ونيوترون - ومع الأكسجين ويكون الماء الثقيل،وهو أثقل من الماء العادي ، وله تطبيقات عديدة في مجال الفيزياء النووية . يوجد هذا النظير في الطبيعة بنسبة حوالى واحد لكل ٦٥٠٠ ذرة هيدروجين . وقد أكتشف في عام ١٩٣٢م على يد العالم **هارولد يوري** (Harold Urey) . أما عندما تحتوى نواة الهيدروجين على نيوترونين وبروتون واحد فإنها تولد نظير التريتيوم (Tritium) وهو أثقل من الهيدروجين بثلاث مرات .

يتواجد الهيدروجين على الأرض بشكل أساس في جزيء الماء متحداً مع الأكسجين، ويمكن فصله بإمرار بخار الماء فوق كربون ساخن ، أو بوساطة التحليل الكهربائي للماء ، أو عن طريق الإحلال (Displacement) في الأحماض ، وكذلك عن طريق تأثير عدد من الهيدروكسيدات على الألمنيوم .

ويعد إنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية من أهم التقنيات الحديثة للحصول على طاقة هيدروجينية نظيفة ، ويتم في هذه التقنية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية باستخدام الخلايا الكهروضوئية ، ثم بعد ذلك تستخدم الطاقة المنتجة لتحليل الماء إلى مكوناته الأساس (هيدروجين وأكسجين) بوساطة نظم التحليل الكهروكيميائي ، أو مايسمى بالمحللات الكهروليتيه . مما يجدر ذكره ان هذه التقنية إكتسبت أهمية كبرى في المملكة، حيث تقوم **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم**

والتقنية ضمن برنامج (Hysolar) بانتاج غازي الهيدروجين والأكسجين ، حيث يعد الغاز الأول مصدراً هاماً للطاقة النظيفة يمكن استخدامها في مجالات عديدة مثل الطهي والتبريد وكوقود للسيارات وغيرها.

رمز الغاز	H	O	N	He	Ne	Ar	Kr	Xe
العدد الذري	١	٨	٧	٢	١٠	١٨	٣٦	٥٤
الكتلة الذرية	١,٠٠٧٩	١٥,٩٩٩٤	١٤,٠٠٦٧	٤,٠٠٢٦	٢٠,١٧٩	٣٩,٩٤٨	٨٣,٨٠	١٣١,٢٩
مجموعة في الجدول الدوري	الأولى	السادسة	الخامسة	الثامنة	الثامنة	الثامنة	الثامنة	الثامنة
كثافته (جم/لتر)	٠,٠٨٩٨٨	١,٤٢٩	٠,٨٠٨	٠,١٧٨٥	٠,٨٩٩٩	١,٧٨٤	٣,٧٣٣	–
درجة الغليان(°م)	٢٥٢,٨٧–	١٨٣–	١٩٥,٨–	٢٦٢,٩–	٢٤٦,٠٨–	١٨٥,٧–	١٥٣,٣٥	١١١,٤–
درجة الغليان(°م)	٢٥٩,١٤–	٢١٨,٤–	٢٠٩,٨٦	٢٧٢,٢–	٢٤٨,٦٧–	١٨٩,٢–	١٥٦,٦–	١١١,٩–

● جدول (٢) الخواص الفيزيائية لبعض الغازات الصناعية .

كذلك يمكن إنتاج الهيدروجين من المواد الهيدروكربونية من خلال عمليات التفكك الحراري للغاز الطبيعي ، أومن خلال إعادة التشكيل البخاري للهيدروكربونات (Steam Reforming of Hydrocarbons) بوجود مادة محفزة (Catalyst) ودرجة حرارة عالية ، وفق التفاعلين التاليين :

$$C_nH_m + nH_2O \longrightarrow nCO + (\frac{m}{2} + n)H_2$$

$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$$

يستخدم الهيدروجين في صناعة السمن، وذلك عن طريق هدرجة (Hydrgenation) المركبات العضوية ، وفي إنتاج اللهب ذي الحرارة العالية المستخدم في أعمال اللحام ، وكوقود للصواريخ ، كما أنه مقترح كوقود للسيارات فضلاً عن استخداماته في تصنيع النشادر والميثانول ، وفي عملية نزع الكبريت من المشتقات النفطية ، وغيرها من الصناعات الأخرى .

الأكسجين

يعد عنصر الأكسجين (O_2) من أكثر العناصر وفرة في القشرة الارضية (Earth's Crust) حيث تصل نسبته إلى ٥٠٪ وزناً ، كما يشكل حوالى ٢١٪ من حجم الغلاف الجوي . يتحد الأكسجين مع غاز الهيدروجين ليكون الماء ، كما يتحد مع العديد من العناصر لتكوين المركبات الكيميائية ، اضافة الى أن وجوده على الأرض مهم جداً لحياة الكائنات الحية . ويوجد هذا الغاز على سطح الأرض على هيئته الجزيئية (O_2) المكونة من ذرتي أكسجين متحدتين مع بعضهما . وفي الطبقات العليا من الغلاف الجوي (طبقة الأستراتستوفير) يتحد جزيء الأكسجين (O_2) ـ بفعل الحرارة فوق البنفسجية ـ مع ذرة أكسجين (O) ليشكل غلافاً من جزيئات الأوزون (O_3) .

يتميز الأوزون بكونه أزرق ومتفجر وسام حتى عند التراكيز المنخفضة ولكنه يحمي سطح الأرض من الإشعاعات فوق البنفسجية الخطرة ا لقادمة من الشمس .

أشتق الأكسجين من الكلمتين الإغريقتين (Oxys) بمعنى حامض والكلمة (Gene) بمعنى مولد ، أي مولد الحامض (Acid Forming)، وهو غاز غير فلزي عديم اللون والطعم والرائحة ، كما أنه يتحول إلى سائل أزرق باهت عند درجة حرارة أقل من ـ١٨٣م ، ويصبح صلباً عند درجة حرارة أقل من ـ٢١٨م ، ويوضح جدول (٢) بعض الصفات الفيزيائية للغاز ، أما الصفات الكيميائية فمن أهمها أنه غاز نشط كيميائياً ، حيث يتفاعل ويؤكسد معظم العناصر ليكون الآلاف من المركبات الكيميائية . ومن أشهرها تفاعله مع الحديد ليكون أكسيد الحديد (Fe_2O_3) المعروف بالصدأ.

ونتيجة لنشاط الأكسجين الشديد فان استخداماته في الصناعة كثيرة ، منها إستخدامه بشكل رئيس في المواقد المفتوحة في مصانع الحديد ، كما يستخدم في الكثير من التطبيقات الصناعية مثل صناعة الأمونيا والميثانول والأكسدة الجزئية للهيدروكربونات . كما أن الأكسجين يستخدم بكميات كبيرة في عمليات اطلاق صواريخ المركبات الفضائية حيث وصل استهلاك هذه العمليات إلى ٥ر١×١٠٦ كجم من سائل الاكسجين.

ونظراً لأهمية هذا الغاز في جميع المجالات الطبية والصناعية فإنه ينتج بكميات كبيرة . فعلى سبيل ا لمثال وصل إنتاجه في الولايات المتحدة عام ١٩٨١م إلى ١٧٥ر١×١٠١٠م٣ .

ومن أهم الطرق الصناعية لإنتاج هذا الغاز بكميات كبيرة وفعالة عن طريق وحدات الهواء من خلال عملية التسييل (Liquefication) والتكرير (Rectification) ،وتتراح أحجام وحدات الفصل بين وحدات تبريد صغيرة تنتج أقل من طن واحد باليوم إلى وحدات عملاقة تنتج أكثر من ١٨٠٠ طن يومياً ، وينتج الاكسجين بنقاوات مختلفة ، فمنها المنخفضة التي تتروح بين ٩٥ـ٩٩٪ ، حيث يتضمن الاكسجين بعض الشوائب ، والتي يكون معظمها غاز الأرجون ، ونسباً شحيحة جداً من بعض الغازات التى تشتمل على بعض الهيدروكربونات وثاني أكسيد الكربون .

النيتروجين

يشكل النيتروجين (N_2) حوالى ٨٠٪ من الغلاف الجوي ، وهو بشكل عام غاز غير نشط كيميائيا ، الا أنه يشكل بعض المركبات الكيميائية النشطة والهامة مثل البروتين ، الذي هو عبارة عن مركبات نيتروجينية مرتبطة مع بعضها البعض . وتتمثل أهمية النيتروجين طبيعياً في دخوله في نمو الخلايا في النباتات ، حيث يتفاعل مع الأكسجين بوجود مصدر طاقة ضوئي ليشكل أول اكسيد النيتروجين ـ (Nitric Oxide- NO) والذي يتحول بدوره الى ثاني أكسيد النيتروجين (Nitrogen Dioxide - NO_2) عند التبريد ، يذوب ثاني اكسيد النيتروجين في الماء مكوناً حامض النيتروجين (Nitric Acid-HNO_3) ، وعند تخفيف هذا الحامض فإنه يتفاعل مع المواد غير العضوية، أو بالأصح المواد الفلزية في التربة ليعطي النيترات (Nitrates) التي تعد من المركبات المهمة لنمو النبات .

يتصف هذا العنصر بأنه غاز عديم اللون والطعم والرائحة عند درجات الحرارة العادية . إلا أنه يتحول إلى سائل عند درجة حرارة أقل من ـ١٩٥ر٨م ويتجمد عند حرارة ـ٢٠٩ر٩م ، جدول (٢) ، وتتراوح أعداد التكافؤ للنيتروجين بين واحد إلى

خمسة ، ويتضح هذا من التركيب الكيميائي لبعض مركباته مثل: أكسيد النيتروز (Nitrous Oxide - N_2O) وأول أكسيد النيتروجين (Nitric Oxide-NO) ، وثالث أكسيد النيتروجين (Nitrogen Trioxide-N_2O_3) ، ثاني أكسيد النيتروجين (Nitrogen Dioxide -NO_2) وخماسي أكسيد النيتروجين (Nitrogen Pentoxide- N_2O_5) ،وفي أغلب الحالات فإن مركبات النيتروجين تكون ذات تكافؤ ثلاثي أو خماسي .

ينتج النتروجين بكميات كبيرة جداً باسالة وتكرير الهواء ، ويدخل في استخدامات كثيرة جداً منها : صناعة النشادر (NH_3) وكغطاء غازي لمنع الأكسجين من الدخول في التفاعل ، وفي عمليات البلمرة . وفي الكثير من التطبيقات البتروكيميائية كغاز مخفف حامل (Carrier Gas) للمواد المتفاعلة دون الدخول في التفاعل .

ثاني أكسيد الكربون

غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)عديم اللون والطعم والرائحة ، وقليل الذوبان في الماء وهو أكثر كثافة من الهواء ، جدول (٢) .

يستخدم هذا الغاز على هيئته الصلبة في الثلاجات والآيس كريم ، واللحوم والأطعمة المثلجة ، إضافة إلى استخداماته الهامة في المشروبات الغازية (Carbonated Beverages) ، كما أنه مهم في طفايات الحريق .

يستخدم ثاني أكسيد الكربون سواءً كان غازياً أو سائلاً أو صلباً في العديد من الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية فعلى سبيل المثال يستخدم في عمليات تعزيز استخراج النفط والتبريد والمشروبات الغازية ، إضافة الى بعض الاستخدامات الأخرى المتفرقة.

ويحضر هذا الغاز عن طريق الأكسدة الكلية للكربون ، حيث يتأكسد الكربون أو المركبات المحتوية على ذرة الكربون بشكل كلي عند احتراقه في الهواء الطلق مطلقاً غاز ثاني أكسيد الكربون ، كما في المعادلة التالية :

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$C_2H_5OH + 3O_2 \longrightarrow 2\,CO_2 + 3H_2O$$

كما يمكن انتاجه عند إضافة الأحماض إلى المواد الكربونيه مع التسخين .

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

ويعد غاز ثاني أكسيد الكربون من الأكاسيد الحمضية، حيث يذوب قليلاً في الماء ليعطى محلول حامض الكربونيك (Carbonic acid) كما في المعادلة التالية :

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

كما أنه يكون أملاحاً عند تفاعله مع القواعد ، كما في المعادلة التالية :

$$NaOH + CO_2 \longrightarrow NaHCO_3$$

وعند تفاعل الغاز مع محلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج راسباً أبيضاً من كربونات الكالسيوم ، حيث يستخدم هذا التفاعل في الكشف عن ثاني أكسيد الكربون.

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

كذلك يستخدم هذا الغاز كحامل للمغنيسيوم في طفايات الحريق ، كما في ا لمعادلة التالية :

$$2\,Mg + CO_2 \longrightarrow 2MgO + C$$

أول أكسيد الكربون

يعد غاز أول أكسيد الكربون (CO) أحد المكونات الرئيسة لغاز الاصطناع (Synthesis Gas) . وينتج هذا الغاز بنقاوة عالية مع الهيدروجين كمنتج ثانوي عن طريق عمليات تبريد شديدة (Cryogenic Procedures) ، وأبسط طريقة لتحضيره هي حرق أو أكسدة الكربون في وجود كمية محدودة من الهواء ، كما في المعادلة التالية :

$$2\,C + O_2 \longrightarrow 2CO$$

أما عند احتراق هذا الغاز في الهواء فإنه يحترق بلهب أزرق وهاج (Luiminous Blue Flame) ليكوّن ثاني أكسيد الكربون كما في ا لمعادلة التالية :

$$2\,CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$$

ومن خواص أول أكسيد الكربون أنه غاز سام جداً عديم اللون والطعم والرائحة ، وتكمن سميته في أنه يكوّن مركبات ثابته مع مادة الهيموجلوبين الناقلة للأكسجين في الدم مما يمنعها من نقل الأكسجين إلى أنسجة الجسم مسبباً تسمماً ، ومما يجدر ذكره أن عوادم السيارات تنفث كميات كبيرة من هذا الغاز مسببة مشاكل بيئية خطيرة.

يدخل هذا الغاز في تطبيقات عدة من أهمها الصناعات البتروكيميائية ، حيث يعد مادة أساسية في إنتاج الميثانول وأنواع أخرى من الكحولات (Alcohols) ، كما يستخدم في صناعة مواد مختزلة (Reducing agent) في العمليات الزراعية ، وفي فصل الحديد في الأفران (Blast Furnace) ، وكمادة مثبته (Constituent) للوقود الرخيص مثل غاز الماء (Water gas) ، ومن التطبيقات الأخرى لغاز أول أكسيد الكربون إنتاج ثنائي أيزوسيانات وأكريلات الايثيل .

الغازات الخاملة

يتكون معظم الغلاف الجوي من الأكسجين والنيتروجين ، أما الباقي فهو عبارة عن ١٪ من غاز الأرجون ونسباً بسيطة من بعض الغازات الأخرى مثل النيون (Neon) والكريبتون (Krypton) والزينون (Xenon) ،وهذه الغازات بالإضافة إلى غازي الهيليوم (Helium) والرادون (Radon) تندرج تحت مايسمى بالغازات الخاملة (Inert gases) أو الغازات النبيلة (Noble gases) ، وقد أطلق هذا الإسم لعدم نشاطها كيميائياً ، وعدم قدرتها على إحداث أي تفاعل كيميائي . ويرجع ذلك الى إستقرارها من ناحية التركيب الإلكتروني ، إذ أن جميع الأغلفة الالكترونية الخارجية لذراتها ممتلئة بثمانية الكترونات ، ويعد هذا المفهوم (الغازات الخاملة) في الوقت الحالي خاطىء ، حيث أستخدم غاز الزينون متحداً مع الفلورين في عام ١٩٦٢م ، ومنذ ذلك الحين استخدم الأرجون والكريبتون والرادون مع الفلورين أيضاً .

وبشكل عام تعد الغازات الخاملة منتج ثانوي لعملية التكرير وفصل الهواء ، ويمكن استعراض أنواعها وطرق تصنيعها واستخداماتها الصناعية فيما يلي :

● غاز الهيليوم

أتت تسمية هذا الغاز بالهيليوم (He) أصلاً من الكلمة اليونانية (Helios) أي بمعنى الشمس ، حيث يتواجد هذا الغاز بكثرة .

ويعد الهيليوم غاز عديم اللون والطعم والرائحة ، كما أنه خامل كيميائياً ،

أي أنه لايحترق ولايساعد على الاحتراق أوالتفاعل مع المواد الأخرى . يتصف غاز الهيليوم أن درجة غليانه أقل من درجة غليان أي غاز خامل الخر ، كما هو واضح من جدول (٢) ، كما يعد من أخف الغازات المعروفة بعد الهيدروجين ، وثاني أكثر الغازات وفرة في الكون . يوجد غاز الهيليوم بوفرة كبيرة جداً في النجوم ، ويعود ذلك إلى الاندماج النووي للهيدروجين ، إلا أن وجوده في الغلاف الجوي للأرض قليل حيث يصل الى حوالى جزء واحد لكل ١٨٦٠٠٠ جزء . بسبب أن الجاذبية الأرضية لهذا الغاز ليست قوية بما فيه الكفاية لإعاقة إنفلاته التدريجي باتجاه الفضاء . ويعود السبب في وجود الهيليوم في الغلاف الجوي الارضي نتيجة للتفكك التلقائي لبعض النظائر المشعة الثقيلة مع إصدار جسيمات ألفا التي تتحول إلى غاز الهيليوم .

شهد منتصف ١٩٦٠م زيادة كبيرة في استهلاك الهيليوم ، وذلك لاستخدامه في برامج الفضاء ، حيث قفز الاستهلاك السنوي من ٨ر٧×١٠^٦ م٣ إلى ٦٩ر٢×١٠^٧ م٣ في عام ١٩٦٦م ، و ٨ر١×١٠^٩ م٣ في نهاية عام ١٩٨٥م والى ٤ر٢×١٠^٩ م٣ في عام ١٩٩٠م ، كما يستخدم الهيليوم في الكثير من التطبيقات البحثية ، وذلك راجع لعدم نشاط هذا الغاز ، حيث يستخدم كغاز خامل أو ناقل (Carrier gas) للمواد الداخلة في التفاعل الكيميائي ، كما أن درجة غليانه قريبة جداً من درجة الصفر المطلق ، ولهذا السبب فإنه يستخدم وعلى نطاق واسع في الأبحاث التي تجرى عند درجات الحرارة المنخفضة .

يستخلص غاز الهيليوم من الغاز الطبيعي والحقول الغازية حيث تبلغ نسبته ٢٪ ، وتتلخص عملية الاستخلاص بإدخال الغاز تحت ضغط منخفض (٠,٣ الى ٠,٥ ضغط جوي) وينزع منه الماء والمركبات الهيدروكربونية القابلة للتكثف ، ومن ثم يمرر في جهاز تنقية لإزالة الغبار ، وبعد ذلك يمرر إلى ابراج الامتصاص لإزالة غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 بواسطة محلول من أحادي إيثانول أمين (MEA) وثنائي إيثيلين جليكول ، وأخيراً يمرر في طبقة من البوكسيت . ولفصل الهيليوم الخام يدخل الغاز المنقى إلى وحدات خاصة ويبرد الى درجة حرارة ـ ١٥٦م بواسطة التبادل الحراري مع الهيليوم الخام والغاز الطبيعي المستنزف ، ويتم تمدد التيار المبرد في عمود فاصل ، حيث يتم تسييل الغاز الطبيعي وفصله ، وذلك بواسطة مبردات حلزونية يمر فيها نيتروجين بارد تحت ضغط منخفض ويكون الغاز المتبقى عبارة عن ٧٥٪ هيليوم و ٢٥٪ نيتروجين .

ولتنقية غاز الهيليوم يتم أولاً فصل آثار الهيدروجين في مفاعل مع كمية صغيرة من الهواء ، حيث يتم أكسدته الى ماء فوق محفز من البلاتين ، أما النيتروجين فيتم فصله بالتبريد إلى درجة حرارة أقل من ـ ١٩٣م ، ويتم تنقيته من الشوائب الأخرى بواسطة الامتزاز في وحدات خاصة .

ينتج الهيليوم في معظم الوحدات بدرجة غليان ـ ٢٦٨ر٩م تحت ضغط (جوي واحد) بالمقارنة مع الهيدروجين الذي يغلي عند درجة حرارة ـ ٢٥٢م .

● الأرجون

يعد غاز الأرجون (Ar) أحد الغازات الخاملة حيث كان يعتقد ـ ولزمن طويل ـ بأنه غير نشط كيميائيا ، ولايتفاعل مع المواد الأخرى ، ولكن المؤشرات الآن توضح إمكانية اتحاده مع مركب فلوريد البورون (Boron Fluoride) ليكون مركبات كيميائية .

يوجد الأرجون طبيعياً في الصخور ويشكل ١,٣٪ من وزن الغلاف الجوي ، وقد تم فصله أول مرة عام ١٨٩٤م ، عن طريق فصل الأكسجين والنيتروجين كيميائياً من الهواء

يتم تحضير غاز الأرجون وكذلك النيون والكريبتون والزينون تجارياً كمنتجات ثانوية من وحدات فصل الهواء بالتبريد ، ويتم تقطير الهواء باستخدام أعمدة وأبراج مضاعفة خاصة ، ويتم بعد ذلك فصل الغازات النادرة عن طريق عمود في جانب الوحدة ، يتم فصل الأرجون لأنه يغلي عند درجة اقل بقليل من درجة حرارة غليان الأكسجين ، وبعد ذلك يسحب الأرجون من الطرف العلوي للعمود عند نقطة أعلى من مستوى منتج الاكسجين ، ويتم تنقية الأرجون الخام من الشوائب ، مثل الأكسجين والنيتروجين في وحدات خاصة ، وتتم ازالة الاكسجين على هيئة بخار ماء باضافة الهيدروجين مع مادة محفزة عند درجة حرارة عالية ، يجفف الغاز من بخار الماء الناتج في وحدات تجفيف خاصة ، كما تتم ازالة النيتروجين بواسطة التقطير بالتبريد للحصول على الأرجون بنقاوة ٩٩٩ر٩٩٪ .

يستخدم الأرغون في الصناعات التعدينية ، فمثلاً يستخدم كغطاء واق من الأكسجين عند لحام المعادن مثل الألمنيوم والستانلس ستيل ، وفي تقنية المعادن مثل: الزركونيوم ، والتيتانيوم ، وعدة خلائط معدنية أخرى ، كما يستخدم في المصابيح الضوئية .

● النيون

أكتشف غاز النيون (Ne) عام ١٨٩٤م ، وهو غاز خامل لايتفاعل ولايكوِّن أي مركب ، كما أنه عديم اللون والطعم والرائحة ، وهو أخف من الهواء ، جدول (٢) ، يوجد هذا الغاز بكميات قليلة في الغلاف الجوي للأرض ، وفي صخور قشرة الأرض ، وهو يستخدم في مصابيح الفلورسنت (Fluorescent Lamps) واللوحات الضوئية الكهربائية حيث يعطي لونا أحمر .

● الكريبتون

يوجد القليل من غاز الكريبتون (Kr) في الغاز الطبيعي وفي البراكين ، ولكن معظم وجوده يكون في الغلاف الجوي للأرض ، وهو من الغازات النادرة (Rare gas) ، ويستخدم في مصابيح الفلورسنت وفلاشات الكاميرات، وذلك لما يتميز به من سرعة عالية للاضاءة تساعد على التصوير الفوتوغرافي ، ويتميز هذا الغاز ، إضافة إلى صفاته الفيزيائية الموضحة في الجدول (٢) ، بأنه عديم اللون والطعم والرائحة ، كما أنه يشكل عدداً قليلاً من المركبات الكيميائية .

● الزينون

يعد غاز الزينون (Xe) من أول الغازات النبيلة التي وجد أنها تولد مركبات كيميائية ، حيث كان سائداً ولزمن طويل بأن هذا الغاز غير نشط كيميائياً، ولكن عرف عنه إمكانية اتحاده مع بعض المركبات ، ومن أشهرها الفلورين (Fluorin)، إضافة إلى صفاته الفيزيائية الموضحة في الجدول (٢) فإنه عديم اللون والطعم والرائحة ويتميز بالندرة في وجوده في الهواء ، حيث يمثل مانسبته جزء. واحد إلى عشرين مليون جزء يستخدم هذا الغاز في عدة تطبيقات خاصة في مجال المصابيح والليزر .