الهليوم

لمحة تاريخية :

يعد الهليوم عنصراً فريداً من نوعه من نو : سوف يرد ذكرها مؤخراً فى هذا الفصل . ولقد عرف الهليوم وثبت وجوده قبل التمكن من فصله بحوالى ٣٠ سنة . وقد شوهدت خطوط الطيف (أى الصورة الطيفية المميزة للعناصر التى تنبعث من جسم ساخن) الخاصة به لأول مرة فى عام ١٦٨٠ . وفى خلال كسوف كلى للشمس عام ١٨٦٨ لاحظ العالم هانسن خطوطاً لم يسبق مشاهدتها . وأرجع أحد العلماء تلك الخطوط إلى عنصر مجهول أسماه « هليوم » . وقد ذكر فى فصل سابق اكتشاف « رامزى » للغازات الخاملة فى الفترة من ١٨٩٣ حتى ١٨٩٥ ، وتبين مطابقة خطوط الطيف هذه بالخطوط الخاصة بأحد الغازات الخاملة . ووجد فى نفس الآونة أن بعض الخامات المعدنية مثل الكليڤيت (فى النرويج) واليورانيت (فى الولايات المتحدة الأمريكية) تحتوى على غازات متصاعدة غنية بالهليوم . ثم لوحظ أن بعض الغازات الطبيعية فى كندا والولايات المتحدة تحتوى على الهليوم بكميات تصل أحياناً إلى ١ – ٦٪ أى ١٠،٠٠٠ – ٦٠،٠٠٠ جزء من المليون بالمقارنة بنسبة

obeikandl.com

خمسة أجزاء من المليون فى الهواء الجوى . وقد استخدمت هذه الغازات لإنتاج الهليوم بكميات محسوسة .

ثم أنشئ أول مصنع لفصل الهليوم فى بلدة هاملتون بأونتاريو عام ١٩١٧ ، بغرض إمداد بريطانيا بالغاز اللازم للمناطيد والبالونات . ثم نقل المصنع إلى جزيرة « بو » بالقرب من كالجارى عام ١٩٠٨ لرداءة المواد الخام ، وأخيراً أغلق أبوابه عام ١٩٢٠ . وعلى الرغم من نشوء صناعة فصل الهليوم فى وقت متأخر نسبيًّا فى الولايات المتحدة ، إلا أنها كانت فى وضع أفضل بكثير سواء من ناحية الجودة أو كمية الغازات الغنية بالهليوم . واتسع إنتاج الولايات المتحدة بصورة منتظمة حتى أصبحت المورد الوحيد للهليوم فى شتى أرجاء العالم حتى عام ١٩٦٣ حيث أنشىء مصنع فى كندا لاستغلال الغاز الغنى بالهليوم عند « سويفت كارنت » .

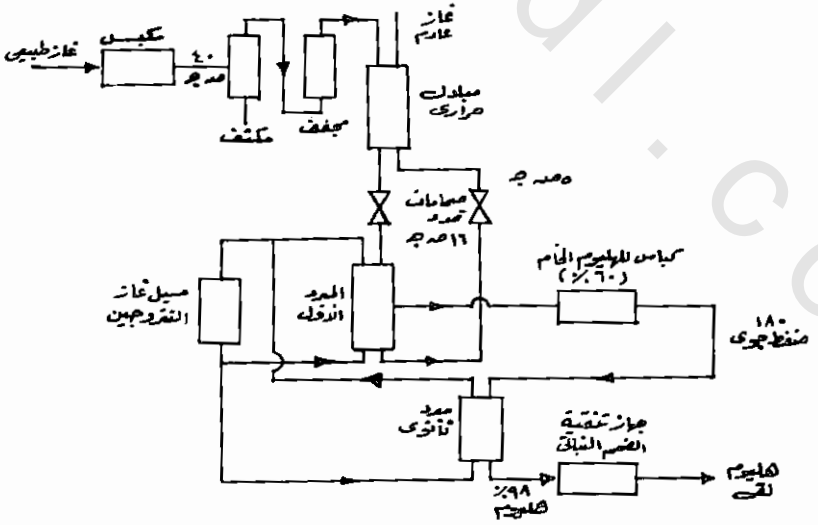
وقامت حكومة الولايات المتحدة بتشغيل برنامج لحفظ الهليوم وظلت الحكومة نفسها هى المنتج الوحيد للهليوم فى الولايات المتحدة . واستهلك معظم الهليوم فى الأغراض الحكومية للأبحاث والتكنولوجيا الحديثة . ومارست الحكومة رقابة تشريعية كاملة على صادرات الهليوم ، كما شجعت إنتاجه خاصة من الغاز الطبيعى الذى يجرى ضخه لأغراض الاحتراق ، ويضيع الهليوم من جراء ذلك فى الهواء الجوى . ولا تحتوى معظم أنواع الغازات الطبيعية على الهليوم بكمية كافية تناسب استخلاصه منها بطريقة اقتصادية . وتختلف الأنواع التى تحتوى عليه اختلافاً بيناً فى التركيب الكيميائى كما يشاهد من استعراض تحليلين نمطيين لغازات يجرى استخلاص الهليوم منها :

هليوم	نتروجين	ميثان	هيدروكربونات عالية	ثانى أكسيد كربون
غاز (أ) ١,٤	١٢,٧	٧٨,٢	٧,٧	—
غاز (ب) ٢,١	٢٦,٣	٦٤,٢	٦,٦	٠,٨

إنتاجه :

يغلى الهليوم عند درجة حرارة أقل بكثير من درجة غليان جميع مكونات الغاز الطبيعى ولذلك فإن طريقة فصله تعتمد على تبريد الغاز الطبيعى حتى درجة حرارة تكثف المكونات الأخرى ، فيتخلف الهليوم فى صورة غازية . ومن ثم تعتبر طريقة الفصل هذه أساساً أبسط من طريقة فصل الهواء إذ تنعدم الحاجة إلى مرحلة التقطير .

وتمثل المراحل المختلفة تخطيطيًّا فى شكل (٣٦) . وتبدأ العملية بضغط



شكل (٣٦)

يوضح عمليات فصل الهليوم من الغاز الطبيعى

الغاز ، ثم تكثف المواد القابلة للتكثيف بسهولة مثل بخار الماء وثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين أو تزال بواسطة مذيب مناسب كأحادى إيثانول أمين . وبالإمرار خلال ألومينا منشطة يجرى التخلص من آثار بخار الماء . ويبرد الغاز الذى تمت تنقيته بالتبادل الحرارى مع غاز سبقت إسالته . ويتحقق مزيد من التبريد بتمدد الغاز الطبيعى ذاته من ناحية ، وبدورة نتروجين استكمالية من ناحية أخرى . ويستحيل تحقيق الفصل الكامل خلال مرحلة واحدة ، لذلك يستخدم عادة ثلاث مراحل يحتوى المنتجان الوسيطان منها على ٦٠ ، ٩٨ ٪ من الهليوم . وتبلغ درجة نقاوة الأنواع العادية من الهليوم التى تستخدم على نطاق تجارى ٩٩,٩٥ ، ٠,٩٩,٩٩٥ ٪ .

وتنتج كميات قليلة من الهليوم فى كثير من البلدان كمنتج ثانوى من عملية فصل النيون من الهواء .

ويبلغ الإنتاج السنوى الحالى من الهليوم فى الولايات المتحدة (كمثال) ٢٩ – ٣٠ مليون متر مكعب ، كما يبلغ الاستهلاك ٢٤ – ٢٨ مليون متر مكعب .

نظائر الهليوم :

للهليوم نظيران ، ويبلغ الوزن الذرى لأكثرهما شيوعاً ٤ والأقل شيوعًا وزنه الذرى ٣ . وتبلغ نقطة غليان النظير الأول – ٢٦٨,٩٣م والآخر – ٢٦٩,٩٨ م . ومما يستحق الذكر أن نسبة توافر النظيرين أى هى ٤ / هى ٣ / تتغير مع مصدر الهليوم :

جو الأرض	١٢	١٠ – ٧
١٢ من آبار الغاز الطبيعى	٠,٥ – ٣,٠	١٠ – ٧
٥ من الخامات المعدنية ذات النشاط الإشعاعى	٠,٣	١٠ – ٧

لذلك يفضل الباحثون الذين يحتاجون إلى الهليوم ٣ أن يبدأوا عملهم بالهليوم المستخلص من الهواء الجوى كلما تيسر ذلك . ومن الممكن الحصول على الهليوم ٣ من عمليات معينة ذات نشاط إشعاعى .

ويتغير كثير من خواص الهليوم السائل بدرجة ملحوظة عندما تقل درجة الحرارة عن – ٢٧١ م ويسلك الهليوم حينئذ كما لو كان عنصراً آخر مختلفاً تماماً . ويسمى الهليوم تحت هذه الدرجة بالهليوم ٢ .

استخدامات غاز الهليوم :

أنشئ أول مصنع لإنتاج الهليوم – كما سبق ذكره – لتوفير غاز غير قابل للاحتراق تملأ به البالونات والمناطيد . ورغم أن كثافة الهليوم تبلغ ضعف كثافة الهيدروجين إلا أنها $\frac{1}{7}$ كثافة الهواء ، بالإضافة إلى توافر الأمان الكامل عند الاستخدام ، وقد انتهى عهد استخدام المناطيد ، ولكن البالونات ما زالت قيد الاستخدام فى عديد من الأغراض مثل مراقبة الطقس والدراسات الخاصة بالأنشطة الكونية .

وقد سبقت الإشارة فى الفصل السابق إلى استخدام الهليوم كبديل للأرجون فى اللحام بالقوس الكهربائى مع غاز واق وإلى استخدامه كوقاية لبعض الفلزات غير الحديدية فى أثناء تصنيعها . ولكنه لا يستطيع الصمود فى ميدان المنافسة بصورة اقتصادية إلا فى بعض الأحوال فى كندا أو فى الولايات المتحدة .

وحينما يهبط الغواصون إلى أعماق البحار فإنهم يتنفسون غازاً تحت ضغط مساو للضغط الذى يتعرضون له على أى عمق . ويذوب النتروجين فى الدم – تحت هذه الظروف بكمية كبيرة ، ثم يعاود الخروج من الدم عند الارتفاع إلى سطح البحر ثانية مسبباً آلاماً شديدة خلف المفاصل مثل الركبة والمرفق ، ويعرف هذا الألم « بانحناءات الغطاس » . ولكن الهليوم أقل ذوباناً فى الدم

من النتروجين ، ولذلك يستخدم خليط من ٨٠ ٪ من الهليوم مع ٢٠ ٪ من الأكسجين لتنفس الغواص تفادياً لما يتعرض له من آلام .

كما يستخدم الهليوم لنفخ عجلات الطائرات الضخمة بدلا من الهواء لخفض حمولة الطائرة وإعطاء الفرصة نحو استبدال فرق الحمولة بركاب .

الهليوم السائل :

ترتبط أهم خواص الهليوم وأكثرها غرابة بانخفاض درجة الحرارة ووجوده فى الحالة السائلة . وهناك عدد من الاستخدامات التجارية على الرغم من قصر هذه الاستخدامات على أمثلة قليلة . وتوجد عدة آلاف من العلماء ومساعديهم يقومون بأبحاث فى بلدان عديدة بخصوص الهليوم السائل ، ومن المتوقع أن يكون لهذا الجهد آثار جانبية فى هيئة استخدامات عملية ستخرج إلى حيز الوجود . وتعرض الفقرات التالية وصفاً لهذه الآثار .

تعتبر إسالة الهليوم أكثر صعوبة من إسالة أى غاز آخر . فإذا طرح احتمال الإفادة من ظاهرة جول طومسون ، لأصبح لزاماً تبريد العاز أولا تحت درجة حرارة الانعكاس وهى – ٢٣٣°م . ولا يمكن التوصل إلى ذلك بغير مغطس من الهيدروجين السائل . وتبلغ درجة حرارة انعكاس الهيدروجين بدوره – ٦٩°م ، مما يعنى ضرورة تبريده هو الآخر إلى أقل من هذه الدرجة فى مغطس مناسب ولكن من النتروجين السائل . لذلك استدعى الأمر استخدام ماكينات تمدد لبذل شغل خارجى ضمن معدات الإسالة التجارية . وبالرغم من انعدام الحاجة إلى تبريد مبدئى ، فهناك عدد من المشاكل الميكانيكية التى تعوق استخدام ماكينات التمدد عند هذه الدرجات المنخفضة من الحرارة .

وقد سبق فى فصل سابق وصف الطرق التى تستخدم لتخزين الهليوم السائل .

الموصلية الفائقة :

تنخفض المقاومة الكهربائية لأى فلز مع انخفاض درجة حرارته ، ويعنى ذلك ازدياداً فى موصلية الفلز . وتنخفض قيمة المقاومة فى حالة بعض الفلزات والسبائك حتى الصفر عندما تصل درجة الحرارة إلى بضع درجات فوق درجة الصفر المطلق ويتحول الفلز إلى حالة من التوصيل الفائق . وتختلف درجة الحرارة الفعلية التى يحدث عندها ذلك من فلز لآخر ولكنها تقع جميعاً فى المدى الأقل من – ٢٥٥م . وتنال هذه الظاهرة اهتماماً بالغاً فى عدد من المجالات مع افتراض التغلب على عدة مشاكل عملية .

وكانت أولى التطبيقات خلال الحرب العالمية الثانية فى مقياس للطاقة الحرارية الإشعاعية (بولومتر) الاستدلال على الأشعة دون الحمراء . ويعتبر البولومتر أداة حساسة لقياس درجة الحرارة تعمل بامتصاص الطاقة المشعة فى فلز تقاس مقاومته . فإذا أمكن التحكم فى درجة حرارة الفلز عندما تبدأ الموصلية الفائقة فى الظهور ، يصبح التغير فى المقاومة لكل وحدة من الحرارة الممتصة مرتفعاً للغاية ، ويمكن تعمل أداة شديدة الحساسية . وقد استخدمت مثل هذه الأداة التى تعمل على شريط من نيتريد النيوبيوم عند درجة – ٢٥٨ مئوية للاستدلال على وجود جنود العدو ومعداته .

ومما استحوذ على اهتمام العاملين فى هذا المجال إمكانية تشغيل مغنطيس كهربائى فى حالة توصيل فائق ، بحيث يمر التيار الكهربائى بلا انقطاع ويكون المجال المغنطيسى دائماً . وعلى أية حال فمن الممكن إحداث تيار التوصيل الفائق على مدى طبقة سطحية رقيقة ، ومن السهولة تدمير الموصلية الفائقة بالمجال المغنطيسى . ويطلق على هذه المواد – التى تشتمل على الألومنيوم والقصدير والزئبق والرصاص – اسم الموصلات الفائقة الطرية . ولكن هناك موصلات فائقة صلدة مثل المركبات الفلزية الوسيطة – ومنها : النيوبيوم – قصدير ، والنيوبيوم – تيتانيوم ، والفاناديوم – جاليوم حيث تحمل التيار

داخل شعيرات رقيقة خلال التركيب ويمكنها نسبياً مقاومة المجالات – المغنطيسية .

وتنحصر القدرة الوحيدة المطلوبة فى حالة الموصلات الفائقة الصلدة – والمغنطيس عند شدته الكاملة – فى القدرة المطلوبة للاحتفاظ بالمغنطيس بارداً ، أى القدرة المطلوبة لتعويض الفيض الحرارى الداخلى . وبغض النظر عن الاقتصاد فى القدرة ، فهناك خفض كبير فى رأس المال المطلوب نتيجة انخفاض حجم المغناطيس . ومن الأمثلة التى أجريت حساباتها مغنطيس يعطى ١٠٠,٠٠٠ مثل شدة المجال المغنطيسى الأرضى . وقد يحتوى مغنطيس كهربائى تقليدى على قلب من الحديد يزيد أطناناً عديدة ، بالإضافة إلى ملف من النحاس لتيار الضغط العالى . ويتطلب الأمر ٥٠ كيلووات من القدرة يتحول معظمها إلى حرارة يلزم تبريدها . ويزيد مغنطيس التوصيل الفائق المكافئ عدة مئات قليلة من الأرطال ، بما فيها المبرد الخاص به ، ولن يحتاج إلا لقدرة أكبر بقليل عن القدرة المستخدمة فى التبريد . وقد تم إنشاء مئات عديدة من مغنطيسيات التوصيل الفائق على المستوى العملى ونصف الصناعى وقد يصبح الاستخدام التجارى لها فى مجال المعدات الكهربائية شائعاً عما قريب .

كما أنه من الاستخدامات الهامة للموصلية الفائقة التى ينتظر لهـا مستقبل مبشر فى مجال المعدات الكهربائية اللازمة للمحركات الكهربائية . وتخلو هذه المحركات أساساً من الفقد الميكانيكى والكهربائى المميز للمحركات الكهربائية العادية .

ويتبقى تطبيق آخر للموصلية الفائقية تم بحثه فى مجال نقل القدرة الكهربائية حيث يصل الفقد إلى حوالى ١٥ ٪ فى الأساليب الحالية بين موضع توليد الكهرباء وموضع استخدامها . فإذا احتفظ بخطوط نقل القدرة عند درجة حرارة الهليوم السائل فإن ذلك لن يؤدى إلى خفض الفقد بدرجة كبيرة فحسب

وإنما ستنخفض تكلفة رأس المال كذلك ، حيث ستستخدم خطوط أخف فى الوزن . وتتضح أهمية ذلك بمعرفة أن هناك مقادير أعظم من القدرة سيكون مطلوباً نقلها فى المستقبل . ويبدو من المحتمل تعاظم هذا الوفر عن تكلفة التبريد اللازم عند مثل هذه الدرجة المنخفضة .

ومن الواضح أنه إذا ما قدر لإحدى هذه الأفكار أن يتحقق لها التطبيق عملياً ، فسيصبح من السمات الأساسية للمعدات وجود مبردات بالهليوم مطلقة الأمان ، جنبا إلى جنب مع إمكانية أعمال الصيانة عند درجة حرارة الهليوم السائل .

تطبيقات أخر للهليوم السائل :

لا تعتمد جميع التطبيقات الممكنة للهليوم السائل على الموصلية الفائقة فهناك بعض الأدوات الألكترونية التى تعمل بدرجة أكبر كفاءة عند درجات الحرارة المنخفضة . ومن أمثلة ذلك « الميزر » وهو أداة لتكبير الموجات الدقيقة بالانبعاث المنبه للإشعاع . وتتكون الأداة المستخدمة لاستقبال الإشارات فى هذه الطريقة من الياقوت المخلق ، وهى ألومينا تحتوى على مقادير محسوبة من أيونات الكروم . فإذا تم تشغيل الأداة عند درجة حرارة الهليوم السائل ، يمكن القضاء على التداخل من الذبذبات الحرارية للذرات فى البلورة .

وهناك أداة بديلة تؤدى نفس الغرض وهى المكبر البارامترى . وتحتوى على مكثف لا تتناسب شحنته المخزونة خطياً مع الجهد المستخدم ، وحين تكون هناك عدة جهود متغيرة يصبح بالإمكان تحويل الطاقة من تردد لآخر وينخفض السطح المشترك بالتشغيل عند درجات حرارة منخفضة مثل درجة حرارة الهليوم السائل . وتعتمد الأقمار الصناعية للاتصالات على الأدوات المبردة لاستقبال الإشارات مثل المحطة البريطانية القائمة فى كورنوول .

ومن الأدوات التى يتحسن أداؤها بانخفاض درجة الحرارة مجس الاستشعار

على الأشعة دون الحمراء ، ومن أمثلتها البولومتر السابق ذكره . وهو أداة أبسط وأصغر بكثير من الرادار ويمكنه أداء نفس المهمة . ولكنه يتميز بعدم وجود حد أدنى لبعد التشغيل ومن الصعوبة التشويش عليه . وكلما انخفضت درجة الحرارة التى يعمل عندها ازدادت حساسيته ومداه .

وأخيراً ينبغى الإشارة إلى أن للهليوم السائل عدداً من الاستخدامات فى الفيزيقا النووية وفيزيقا الطاقة المرتفعة خاصة عند دراسة الحوادث النووية والذرية دون تداخل من الحركة الحرارية للذرات

obeikandl.com