[١٦] الباب السادس عشر :

الأوكسجين Oxygen

[١٦ ـ ١] أهمية الأوكسجين :

يعتبر الأوكسجين من أكثر العناصر وفرة وانتشاراً فى الكرة الأرضية وتبلغ نسبة الأكسجين فى الهواء الجوى حوالى ٢٠٪ حجماً ، تقريباً ٤ حوالى ٥٠٪ من القشرة الصلبة للكرة الأرضية ؛ حوالى ٨٩٪ من الماء يتكون من الأكسجين ، وعلى هذا فهو يمثل عنصراً فى غاية الأهمية لكل من الإنسان والنبات والحياة وبدونه أو بنقصه عن الحد اللازم تموت جميع الكائنات الحية على وجه الأرض فجميع الكائنات الحية ، الإنسان والنبات والحيوان ، بحاجة ماسة للأكسجين فى عمليات التنفس للبقاء على قيد الحياة . ولا يمكن للإنسان أن يعيش إذا نقصت نسبة الأكسجين فى الهواء الجوى إلى حوالى النصف .

والأكسجين ضرورى فى عمليات الإحتراق للوقود وذلك بغرض الحصول على الطاقة الحرارية فى أغراض مثل التدفئة والطمى وفى أغراض أخرى مثل الإنارة وكذلك لإدارة محركات الاحتراق الداخلى مثل محركات السيارات ومحطات توليد الكهرباء الحرارية .

وقد يتساءل الفرد كيف لا ينفذ الأكسجين بالهواء الجوى مع استمرار عمليات التنفس والاحتراق منذ بدء الخليقة وحتى يومنا هذا وبكميات هائلة . وفى الواقع فإن هنالك توازن طبيعى يعمل على معادلة ما يُستهلك من الأكسجين ، حيث تقوم النباتات الخضراء والغابات بامتصاص ثانى أكسيد الكربون المنطلق من عمليات التنفس (زفير) ومن نواتج الاحتراق وذلك أثناء

عمليات التمثيل الضوئى للنبات وتُخرج الأكسجين حيث تعمل إلى حد كبير على بقاء نسبة الأكسجين فى الهواء شبه ثابتة .

وبالإضافة لهذا فهو يستخدم فى الصناعة أثناء عمليات التصنيع . وفى الورش والمصانع فى عمليات اللحام بالأكسى استيلين (استيلين + أكسجين) وفى عمليات الغوص تحت المياه وفى المرتفعات والجبال وفى الطائرات وللطيارين فى طبقات الجو العليا ، ويحفظ الأكسجين كسائل تحت ضغط ويوضع فى الصواريخ عن إطلاقها محملة بالأقمار الصناعية أو بسفن الفضاء . وفى المستشفيات لعلاج حالات ضيق التنفس الناشئة من أسباب مرضية متعددة .

[١٦ ـ ٢] تحضير غاز الأوكسجين بالمعمل :

Laboratory Preparation of oxygen:

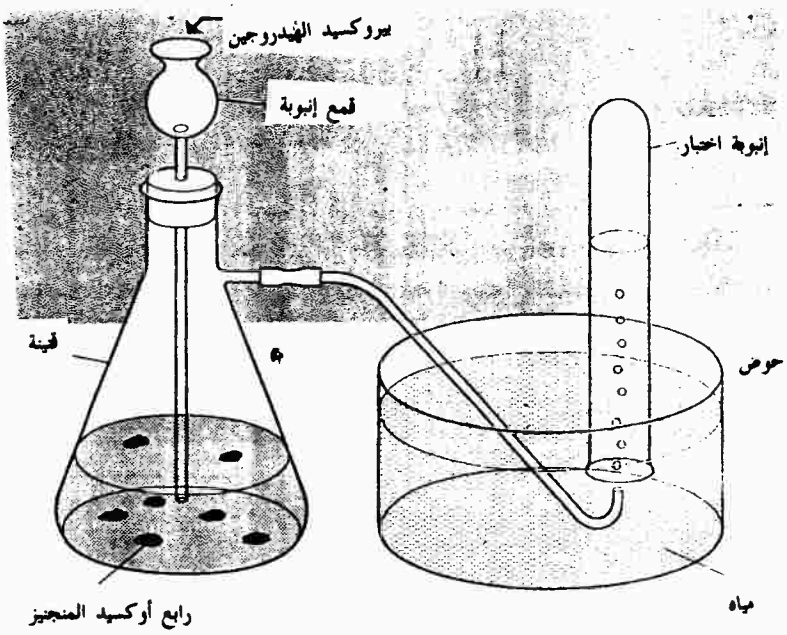
يتم تحضير غاز الأوكسجين فى المعامل باستخدام العناصر الغنية به مثل فوق أكسيد الهيدروجين Hydrogen Peroxide والرصاص الأحمر red lead وبرمنجنات البوتاسيوم Potassium permanganate ونيترات البوتاسيوم Potassium nitrate وأكسيد الزئبق mercury oxide ونترات الصوديوم وكلورات البوتاسيوم وغيرها .

وسوف نستخدم فى تجربتنا هذه لتحضير الأوكسجين بالمعمل ، بعضاً من ثانى أكسيد المنجنيز كعامل مساعد للإسراع فى عملية التحضير ويلاحظ أنه لا يدخل فى التفاعلات الحادثة أثناء التحضير ولا تتغير خواصه ولا لونه ويمكننا استخلاصه مرة ثانية . وهو عبارة عن مسحوق أسود ويتم استخدام كمية قليلة منه للحصول على كمية وافرة من الأكسجين ، سوف نستخدم فوق أكسيد الهيدروجين فى صورة سائل :

ويمكن تلخيص التفاعل باستخدام فوق أكسيد الهيدروجين كالتالى :

فوق أكسيد الهيدروجين ⟵ (عامل مساعد ثانى أكسيد المنجنيز) ماء + أكسجين

ويوضح شكل (١٦ ــ ١) تجربة لتحضير غاز الأوكسجين بالمعمل .



شـكل (١٦ ـ ١)
تجربة لتحضير غاز الأوكسجين بالمعمل

□ التجربـــة :

باستخدام جهاز كالمبين بالشكل ، يجب أن يكون المخبار أو إنبوبة الاختبار المستخدمة فى جمع الأكسجين مملوءة بالماء .

ثم نصب بعضاً من سائل فوق أكسيد الهيدروجين بالقمع بأعلى الكأس إلى أن يمتلىء القمع .

ثم نبدأ فى فتح القمع ببطء للسماح بنزول كميات قليلة من فوق أكسيد الهيدروجين فوق المادة المساعدة من ثانى أكسيد المنجنيز ، فنلاحظ تصاعد فقاعات ، غازية فى المخبار أو فى أنبوبة الاختبار تعمل على إزاحة الماء به للأسفل إملأ المخبار وغطه بقرص زجاج ونرفعه من الحوض .

ويمكن بسهولة معرفة أن الغاز المتجمع هو الأكسجين فإذا ما قربنا شظية مشتعلة burning splint فإنها تزداد فى التوهج والتأهج ويتم إنتاج الأوكسجين

بسرعة إذا ما تم تسخين المواد ، ومن المواد التى يلزم تسخينها عند إنتاج الأوكسجين منها :

برمنجنات البوتاسيوم والرصاص الأحمر ونيترات البوتاسيوم وأكسيد الزئبق .

[١٦ ــ ٣] خواص الأوكسجين الفيزيائية والكيميائية :

١ــ يُعتبر الأوكسجين عديم اللون والطعم والرائحة .

٢ ــ يذوب الأوكسجين فى الماء وكذلك فى محلول هيدروكسيد الصوديوم المخفف بنسبة طفيفة .

٣ ــ تزيد كثافة الأوكسجين عن كثافة الهواء وذلك لاحتواء الهواء على غازات ذات كثافة أقل من الأوكسجين .

٤ ــ الأوكسجين متعادل التأثير على ورق عباد الشمس الأزرق والأحمر .

٥ ــ لا يشتعل ولكنه يساعد على الاشتعال .

٦ ــ يؤكد المواد التى يتم إحراقها فيه ويحولها إلى أكاسيد مقابلة .

٨ ــ والصيغة الكيميائية للأوكسجين : O_2 ويبلغ وزنه الجزيئى ٣٢ فى حين أن درجة إنصهاره (٥٤,٨°) كلفن وتبلغ نقطة غليانه ٩٠,٢°كلفن وتبلغ نسبة ذوبانه فى الماء عند درجة الصفر المئوى ٤,٨٩ ملى لتر/١٠٠ ملى لتر ماء وتبلغ كثافته ١,٤٢٩ جم/سم^3 .

ويتفاعل الأوكسجين ببطء فى درجة حرارة الغرفة ، إلا أنه فى درجات الحرارة العالية . فإنه يتحد مع معظم العناصر ومع كثير من المركبات ، خاصة تلك التى تحتوى على الكربون والهيدروجين ، مكوناً أكاسيد هذه العناصر فمثلاً :

المغنسيوم : مغنسيوم + أكسجين ⟵ أكسيد المغنسيوم

$$2\,MgO \longleftarrow O_2 + 2\,Mg$$ (لهب أبيض متلألىء)

النحاس : نحاس + أكسجين ⟵ أكسيد النحاس

$$2\,CuO \longleftarrow O_2 + 2\,Cu$$

الكبريت : كبريت + أكسجين ⟵ ثانى أكسيد الكبريت

$$SO_2 \longleftarrow O_2 + S$$

□ مركباته الرئيسية :

أكاسيد الفلزات metallic oxides ، التى تتحد مع الماء مكونة هيدروكسيداتها .

فمثلاً : $Ca(OH)_2 \longleftarrow H_2O + Ca$

ولذلك تعرف هذه الأكاسيد بـ : أنهيدريد قاعدى (أكسيد فلزى يكون قاعدة مع الماء) .

أما أكاسيد اللافلزات فعند اتحادها مع الماء ، تنتج أحماضاً فمثلاً :

ثانى أكسيد الكبريت + ماء ⟵ حمض الكبريتور

$$H_2SO_3 \longleftarrow H_2O + SO_2$$

وبذلك فإنه يطلق على الأكاسيد اللافلزية : acid anhydrid أى الأكاسيد التى تكون أحماضاً مع الماء .

[١٦ ـ ٤] الإحتراق Combustion :

تتأكسد ، دائماً المواد التى تتحد مع الأكسجين وتؤدى كل هذه الاتحادات فى نشوء طاقة حرارية .

فإذا كان معدل التفاعل بطيئاً مع خروج كمية من الطاقة الحرارية فقط فإنه يطلق على هذا الإجراء ، بالتأكسد البطىء **slow oxidation** أما إذا كان الأكسجين يتحد مع المواد بسرعة بحيث تتولد طاقة ضوئية بالإضافة إلى الحرارية فإن هذا الإجراء يطلق عليه بالإحتراق **Combustion** ويتكون لهب الإحتراق من أبخرة الغازات المنطلقة من المواد المحترقة ، بحرارة التفاعل .

وتعتبر عملية صدأ الحديد إحدى التفاعلات البطيئة فى حين إحتراق الخشب يعتبر إشتعالاً .

ويجب مراعاة أن الكمية الكلية للطاقة المنطلقة فى عملية تأكسد مادة ما هى نفسها ، بغض النظر عن معدل الإحتراق أو الأكسدة .

وقبل أن تتمكن المادة من الإنفجار إلى لهب فإنه يجب تسخينها إلى درجة حرارة محددة ويطلق على هذه الدرجة « الصغرى » بدرجة حرارة الإشتعال **Kindling temperature** ولكل مادة قابلة للإحتراق درجة حرارة إشتعال محددة .

[١٦ ـ ٥] الاشتعال التلقائى Spontaneous Combustion :

يحدث هذا الاشتعال ، إذا توفرت الظروف التالية :

عند تخزين المادة القابلة للإحتراق والتى تكون موصل ردىء للحرارة فى هواء ساكن (خامد) حينئذ ، يبدأ الأوكسجين فى الهواء الجوى فى أكسدة هذه المادة القابلة للإحتراق وبالتالي تتولد حرارة وحيث أن المادة موصل ردىء للحرارة .

فإن هذه الحرارة لا تخرج ولكنها تتجمع حوى المادة . ويترتب على هذا أن درجة الحرارة ترتفع حتى تصل إلى درجة الاشتعال الذاتى ويحدث الإحتراق الذاتى .

ولذلك يُحظر بتخزين مواد وصبغات الدهان ، فجمعه معاً خاصة فى الأركان بل يتم تخزينها بأمان فى أوعية معدنية فى أماكن جيدة التهوية .

[١٦ ـ ٦] اكتشاف الأكسجين :

بالرغم من الأوكسجين يحيط بنا جميعاً وفى كل مكان من حولنا ، إلا أنه لم يكن معروفاً حتى القرن الثامن عشر .

ويعتبر فيلهلم شيل Wilhelm Scheele ، وبحق هو أول من اكتشف الأوكسجين فى عام ١٧٧٣ ، وهو عالم سويدى الجنسية وقد أطلق على هذا الغاز اسم الهواء الحارق fire air لأن المواد تحترق فيه جيداً . وقد أوضح اكتشافه هذا فى كتابه المعروف باسم الهواء والنار Air and Fire ، إلا أن هذا الكتاب لم ينشر

إلى فى عام ١٧٧٧ .

وفى ذات الوقت ، كان هنا العالم الإنجليزى جوزيف بريسلى Joseph Priestly ، الذى قام باكتشاف الأوكسجين كذلك دون أن يعلم بما اكتشفه فيلهلم شيل السويدى ، وقد نشر اكتشافه هذا فى محاضرات ألقاها فى الجمعية الملكية البريطانية British Royal Society فى ٢٣ مارس ١٧٧٥ .

وحيث أن كتاب فيلهلم شيل لم يكن قد تم نشره حتى هذا الوقت فإن المتعارف عليه (لدى الإنجليز) أن جوزيف بريسلى هو مكتشف هذا الغاز .

وفى ١ أغسطس من عام ١٧٧٤ ، استخدم بريسلى عدسة مكبرة (كبيرة) فى تسخين عدد من العناصر وكان الزئبق أحد هذه العناصر والزئبق سائل ذو لون فضى ، فتكونت قشرة حمراء على سطح الزئبق من جراء التسخين حيث قام برفع هذه القشرة وسخنها بمفردها وجمع الغاز الناتج فوجده عديم اللون وقد وجد الآتى :

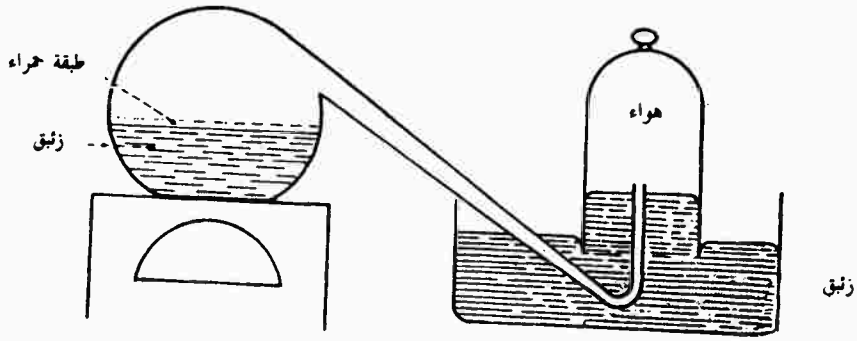
١ ــ أن الشمعة تشتعل بصورة أفضل فى هذا الغاز عن اشتعالها فى الهواء .

٢ ــ أن (الفأر) يكون أشد نشاطاً فى هذا الغاز .

وقد أطلق على هذا الغاز اسماً طويلاً غير الأوكسجين dephlogisticated air .

وقد قام بريسلى بزيارة العالم الكيميائى الفرنسى الشهير ، لافوازييه Lavoisier ، فى باريس ، وأخبره عن اكتشافه هذا وقد أعطى لافوازييه لهذا الغاز اسم (الأوكسجين) وذلك فى عام ١٧٨٧ .

وقد اهتم لافوازييه بتجارب بريسلى وقام بتكرارها بحرص ودقة أما الفرنسيون ، فيقولون ، أن لافوازييه قد أجرى تجربته الشهيرة لاكتشاف الأكسجين فى عام ١٧٧٤ ، حيث وضع كمية من الزئبق فى مُعوّجه تنتهى فوهتها داخل ناقوس زجاجى به هواء وموضوع مُنكّس فى حوض به زئبق وذلك لتجميع الهواء داخل كل من المعوجة والناقوس ، انظر الرسم شكل (١٦ ــ ٢)



شـكل (١٦ ـ ٢)
تجربة لافوازييه لتحضير الأكسجين

وقد وضع لافوازييه علامة فى مقابل سطح الزئبق على جدار الناقوس ثم قام بتسخين الزئبق بالمعوجة لمدة (١٢ يوماً) ، فلاحظ أن الهواء بداخل الناقوس تدريجياً بدليل ارتفاع سطح الزئبق فيه لكى يحل محل الهواء إلى أن ثبت المستوى عند حد معين .

وفى ذات الوقت لاحظ تكون طبقة من مسحوق أحمر فوق سطح الزئبق بالمعوجة بعد ذلك ، ترك الجهاز ليبرد ثم قام بقياس النقص فى حجم الهواء فوجده يُعادل خُمس ($\frac{1}{5}$) حجم الهواء الأصلى تقريباً .

ثم قام باختبار الهواء المتبقى فوجد أن اللهب ينطفىء فيه وغير صالح للتنفس وقد عرف هذا الغاز بغاز النتروجين . .

بعد ذلك ، أخذ لافوازييه طبقة المسحوق الأحمر المتكونة فوق سطح الزئبق وسخنها بشدة ثم قاس حجم الغاز المتولد فوجد أنه يعادل مقدار النقص فى حجم الهواء السابق أى خمس ($\frac{1}{5}$) حجم الهواء الأصلى ، ثم اختبر خواص هذا الغاز فوجد أنه يساعد على شدة الإحتراق كما يساعد على الحياة والتنفس ومن هنا أطلق عليه غاز الأوكسجين ، وبذلك يكون لافوازييه قد استنتج أن الهواء يحتوى على غازين رئيسيين هما الأوكسجين والنتروجين (الأوزت) .

قراءات

١ ـ جوزيف بريسلى Joseph Priestly

(١٧٣٣ ـ ١٨٠٤)

وُلد جوزيف بريسلى فى فيلدهيد Fieldhead بالقرب من ليدز Leeds فى ١٣ مارس ١٧٣٣ وكان والداه شديدى التدين وقد كان هذا دافعاً إلى أن يُصبح رئيس كنيسة وعمره ٢٢ عاماً فى عام ١٧٥٥ وفى عام ١٧٦٠ أصبح مدرساً فى الأدب الكلاسيكى فى إحدى المدارس الخاصة فى وارينجتون Warrington .

وقد زار لندن حيث التقى مع بنيامين فرانكلين Benjamin Franklin وفى عودته كتب تاريخ الكهرباء History of Electircity وقدمه للجمعية الملكية فى عام ١٧٦٦ .

وقد حصل على ميدالية كوبلى Copley medal من الجمعية الملكية فى ١٧٧٣ وفى عام ١٧٧٢ اكتشف النيتروجين وقد أسماه (phlogisticated air) وفى عام ١٧٨٠ أصبح رئيس الكنيسة فى برمنجهام Birmingham وفى حين كانت كتاباته العلمية تلقى رواجاً كبيراً ، فإن كتاباته الدينية قد أُلبت عليه الجموع من طبقات الشعب وقد حطم الغوغاء كنيسته فى عام ١٧٩١ وقد اضطر للهرب إلى وركشتر Worcester متخفياً .

وقد عاش فى لندن حزيناً ثم هاجر إلى أمريكا حيث كان له ثلاثة أبناء قبله بأمريكا فوصل إلى نيويورك وقد عُرضت عليه درجة الأستاذية والوزارة إلا أنه رفضهما .

وتوفى فى أمريكا فى عام ١٨٠٤ .

وبالإضافة لاكتشافه الأكسجين فإنه قد قام بتطوير طرق جمع واستخدام الغازات .

٢ ـ أنطوان لارنت لافوازييه

Antoine Laurent Lavoisier

(١٧٩٤ ـ ١٧٤٣)

ولد فى باريس فى ٢٦ أغسطس ١٧٤٣ فى أسرة ثرية جداً وقد حصل على تعليم ممتاز فى كلية نازارين **College Nazarin** حيث درس الرياضيات والفلك والكيمياء وعلم النبات وقد حصل على ميدالية ذهبية فى عام ١٧٦٦ من أكاديمية العلوم عن أفضل الطرق لإضاءة مدينة كبيرة .

وقد أصبح مديراً لأكاديمية العلوم فى عام ١٧٦٨ وعمره وقتئذ ٢٥ عاماً وقد قام بعمل تجارب علمية كثيرة ويعتبر أحد المطورين لتصنيع المدافع وقتئذ .

وفى عام ١٧٧٨ قام بإنشاء مزرعة تجريبية لإظهار وبيان مميزات الزراعة بالطرق العلمية .

وقد قام بمجهودات كبيرة فى تحسين أوضاع الطبقات الفقيرة من الشعب مثل مشاريع للإدخار والتوفير وشراء وتدبير السلع فى أوقات القحط والجدب .

وقد عهدت إليه سكرتارية إحدى الهيئات التى تم إنشاؤها خصيصاً فى عام ١٧٩٠ لضمان ثبات وتوحيد القياسات والموازين فى كل أنحاء فرنسا وقد أدى هذا إلى ظهور النظام المترى للمقاييس .

إلا أنه ولسوء الحظ وبسبب ثرائه الواسع ولأهميته ، فقد أصبح هدفاً للثوار إبان الثورة الفرنسية وقد أُلقى القبض عليه فى مايو ١٧٩٤ وتمت محاكمته فى محكمة الثورة الفرنسية ، لبضعة ساعات وقد قُدم مع ٢٧ شخصاً آخرين للإعدام بالمقصلة ودُفن فى قبر جماعى .

٣ - البارون جوستس فون ليبيج
Baron Justus Von Liebig
(١٨٠٣ - ١٨٧٣)

وُلد فى دار مشتادت Darmstadt بألمانيا ودخل الجامعة فى بون Bonn للدراسة على يد كاشتنر Kastner وهو من أشهر علماء الكيمياء وقتئذ ونال درجة الدكتوراه فى عام ١٨٢٢ (وعمره وقتئذ ١٩ عاماً) وأصبح أستاذاً للكيمياء فى عام ١٨٢٦ .

وقد كان نشيطاً جداً ويعمل بجد واجتهاد وقد جاءه من كل أنحاء أوروبا أشهر الكيميائيين للدراسة معه .

وهو ليس بمكتشف مكثف ليبيج كما يعتقد معظم الناس ، فقد اخترع تم اختراع هذا المكثف بواسطة شخص آخر مجهول ولكن ليبيج هو الذى قام بنشر هذا الاكتشاف .

وقد قام بعدة مشاريع وأبحاث فى الكيمياء العضوية وقد قام بعزل عدة كيمياويات عضوية لأول مرة ومن ضمنها الكلوروفورم chloroform – trichlormethane وأيضاً الإيثينال Ethanal .

وينسب إليه إكتشاف ما يعرف بالكيمياء الزراعية حيث لاحظ أن بعض المواد المعدنية لازمة لنمو النباتات وتصبح التربة قاحلة ومجدبة بدون إضافة هذه المواد كسماد ، لها .

وفى عام ١٨٤٥ حصل على لقب بارون وفى عام ١٨٥٢ أصبح أستاذ الكيمياء فى ميونيخ Munich وقد نُشرت معظم أعماله فى جريدته المسماة بأخبار الكيمياء Annalen der chemie والتى أصبحت واحدة من جرائد الكيمياء المُهمة .

٤ ـ روبرت فيلهلم بنزن

Robert Wilhelm Bunsen

(١٨١١ ـ ١٨٩٩)

وُلد العالم الألمانى بنز فى جوتنج Gottingen وقد درس الكيمياء والفيزياء وعلم الحيوان Zoology فى جوتنج أولاً ثم فى باريس وبرلين وفيينا .

وقد أصبح أستاذاً للكيمياء فى جامعة هايدلبرج Heidelberg الشهيرة فى عام ١٨٥٢ .

وبعيداً عن اكتشافه لموقد بنز فقد قام بعده إكتشافات هامة فى الكيمياء والفيزياء .

وقد قام بعمل بحث حول مركبات الزرنيخ السامة حيث وجد أن أكسيد الحديد مضاد لتسمم الزرنيخ (نزيان لسم الزرنيخ) .

وقد قام بنز بعمل دراسات على الألوان التى تنشأ من مختلف المواد عند حرقها فى لهب ساخن وقد أدت هذه الدراسات إلى اكتشاف عنصرين جديدين (وقتئذ) وهما السيزيوم Caesium وهو عنصر فلزى والروبيديوم Rubidium وهو عنصر فلزى وذلك فى عام ١٨٦١ .

وقد اخترع بنز مسعر ثلجى calorimeter وكذلك اخترع بطارية فعالة من الكربون ــ زنك Carbon – zinc battery وكان بنز أول شخص قام بإنتاج المغنسيوم بصورة كمية .

وقد فقد إحدى عينيه فى حادث بأحد المعامل .