الباب العاشر

الاكسيجين (O_2) Oxygen

الرقم الذرى ٨ الوزن الذرى ١٦ الوزن الجزيئى ٣٢

احوال وجودة

الاكسيجين اوسع العناصر انتشارا اذ يكون ٢٣٪ من مكونات الهواء و٨٩٪ من الماء ومايقرب من ٥٠ ٪ من القشرة الارضية بالوزن . وقد اكتشف الاكسيجين عام ١٧٧٤ وحضر بتسخين اكسيد الزئبق الاحمر .

تحضيرة

يحضر إما من الهواء الجوى أو من المركبات الاكسيجينية بطرق مختلفة . وفى الصناعة يحضر من الهواء والماء نظرا لكثرتها وسهولة الحصول عليها ورخصها .

١ — تسخين بعض الاكاسيد :

تتفكك اكاسيد بعض الفلزات الغير نشطه مثل الزئبق والفضة بالتسخين إلى الفلز والاكسيجين . كذلك تفقد بعض الاكاسيد الغنية بالاكسيجين بعض اكسيجينها فمثلا يفقد ثانى اكسيد الرصاص (PbO_2) ذرة من الاكسيجين ويتحول إلى الاكسيد المعتاد .

$$HgO \xrightarrow{heat} Hg + {}^1/_2O_2 \qquad PbO_2 \xrightarrow{heat} PbO + {}^1/_2O_2$$

ولاتنحل كل الاكاسيد بالحرارة بل هناك اكاسيد ثابتة . ويمكن

ترتيب العناصر فى سلسلة تبعا لحرارة تكوين اكاسيدها تعرف بالسلسلة الحرارية . وتختلف هذه السلسلة قليلا عن سلسلة الجهود الكهربائية. وتوضح السلسلة الحرارية أن اكاسيد الفلزات التى تأتى فى قمة السلسلة لاتتفكك بالحرارة وأن اكاسيد الفلزات التى تأتى عند نهايتها تتفكك إلى الفلز والاكسجين بسهولة . أما الفلزات المتوسطة فى السلسلة فانها تعطى اكاسيد ذات تكافؤات مختلفة وتتفكك الاكاسيد المرتفعة إلى اكسيد منخفض والاكسيجين . كما تتفاعل بعض بروكسيدات الفلزات مثل بروكسيد الصوديوم مع الماء ويتكون هيدروكسيد الفلز مع تصاعد الاكسيجين

$$2Na_2O_2 + H_2O \rightarrow 2NaOH + O_2$$

١ — تسخين الاملاح المحتوية على الاكسيجين :

تتفكك الاملاح الغنية بالاكسيجين مثل نترات وبيكرومات وكلورات وبرمنجنات البوتاسيوم بالتسخين

$$2KMnO_4 \xrightarrow{heat} K_2O + 2MnO_2 + 2\tfrac{1}{2}O_2$$

$$2KClO_3 \xrightarrow{heat} 2KCl + 3O_2$$

ويستخدم هذا التفاعل الاخير لتحضير كميات صغيرة من الاكسيجين فى المعمل بتسخين الكلورات فى وجود عامل حافز هو ثانى اكسيد المنجنيز الذي يعمل على إسراع التفاعل وخفض درجة الحرارة اللازمة للتفكك . فتحت الظروف العادية يحدث التحلل عند درجة ٦٠٠°م ولكن يمكن إجراء التفكك عند حوالى ٣٠٠°م فى وجود العامل الحافز . وماهية العامل الحافز هنا كيميائية ، كما استخدام اكسيد الحديد أو أو بيكرومات البوتاسيوم بدلا من ثانى اكسيد المنجنيز . وهذه الطريقة خطرة إذا

استخدمها للبتدؤون نتيجة للانفجار الذي قد يحدث فى وجود مواد ملتهبة كالفحم مثلا .

٣ — الاحلال من المركبات الاكسيجينية :

الفلور هو العنصر الوحيد الذى يمكن أن يحل محل الاكسجين فى مركباته لأنه أكثر سالبية عنه . فعند تفاعل الفلور مع المـــاء يتكون الاكسجين تبعا للمعادلة :

$$H_2O + F_2 \rightarrow 2\,HF + \tfrac{1}{2}\,O_2$$

ولا يستطيع الكلور أن يحل محل اكسجين الماء إلا تحت تأثير ضـــوء الشمس وليتحد مع الهيدروجين . ويعتقد أن التفاعل يسير تبعـا للمعادلات الآتية :

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HOCl$$

$$2\,HOCl \rightarrow 2\,HCl + O_2$$

تحضير الاكسجين فى الصناعة .

يحضر الاكسجين فى الصناعة بالتقطير التجزيئى للهواء السائل أو بالتحليل الكهربائى للماء .

١ — التقطير التجزيئى للهواء :

يسال الهواء الجوي بطريقة لند وهمبسون (Linde - Hampson) ثم يبخر النيتروجين نظرا لانخفاض نقطة غليانه عن الاكسجين . وقد أدخلت على هذه الطريقة بعض التحسينات بواسطة كلـــود (Claude) حيث

استخدم عمود تجزيء ليتجمع اكبر قدر ممكن من النيتروجين فى الغازات المنطايرة أولا ،وتزداد نسبة النيتروجين أثناء صعود الغاز فى عمود التجزيء حتى أن الغاز المتصاعد يكون نقيا تقريبا ، أما السائل المتبقى فى أنبيـــة التقطير فيكون غنيا بالاكسجين . وقد تصل نسبته فيه الى ٩٩ ٪ . ويبخر هذا السائل مرة ثانية ، ثم يجمع الاكسجين ويضغط فى اسطوانات من الصلب ، كما يمكن حفظه فى زجاجات ديور (Dewar) فى الحالة السائلة حيث يساعد تبخره جزئيا على حفظ درجة حرارته منخفضة .

ب — التحليل الكهربائى للماء :

ذكرت هذه الطريقة تحت تحضير الهيدروجين حيث يتكون الاكسجين عند المصعد عند تحليل محاليل مخففة من حمض الكبريتيك أو الصـــودا الكاوية أو ماء الباريتا . غير أن هذه الطريقة محدودة الاستعمال لارتفـاع تكاليف الطاقة الكهربائية الا أنها تستخدم فى بعض للناطق التى يكون فيها التيار الكهربائى رخيصا .

٣ — طريقة برن (Berin's Method)

بنيت هذه الطريقة على أن بروكسيد الباريوم يتفكك بالتسخين عند ٨٠٠°م إلى اكسيد الباريوم والاكسجين وكذلك يمكن تحويل الاكسيد الى البروكسيد بتسخينه فى الهواء عند ٥٠٠°م.

$$Ba\,O \xrightarrow[in\ air]{500^{\circ}} Ba\,O_2 \xrightarrow{800^{\circ}} Ba\,O + 1/2\ O_2$$

فعند تسخين اكسيد الباريوم فى الهواء يتحول إلى بروكسيد البـاريوم الذى يتحلل بالتسخين عند درجة الحرارة المرتفعة . وبتكرار هـذة العملية

يمكن الحصول على كميات كبيرة من الاكسجين . ويحتوى الغاز المحضر بهذه الطريقة على حوالى ٥ ٪ نيتروجين وشوائب أخرى .

الخواص الطبيعية .

الاكسجين غاز عديم اللون والطعم والرائحة شحيح الذوبان فى الماء إلا أن هذه الكميه القليلة لازمة لحياة الأحياء المائية . ويزن اللتر من الغاز عند م. ض. ح. ١,٢٤٩ جم . وتمتص بعض الفلزات كالفضة والذهب الاكسجين عند ٥٠٠°م وبالتبريد ينفصل الاكسجين ثانية ،وفى هذه الخاصية يشبه الاكسجين الهيدروجين . ويتصف جزيئى الاكسجين بخواص مغناطيسية وخاصة فى الحالة السائلة أو الصلبة . ويغلى الاكسجين السائل عند — ١٨٣ ولونه أزرق باهت ويتجمد عند — ٢١٩ محتفظا بلونه .

الخواص الكيميائيه :

نظرا لنشاط الاكسجين فانه يتحد مع كثير من العناصر وخاصة عند درجات الحرارة المرتفعة وفى وجود الرطوبة كعامل حافز مكونا مركبات ثنائية تعرف بالاكاسيد . وتحدث كثير من عمليات الاكسدة فى الطبيعة مثل صدأ الحديد واحتراق الخشب ، وفى جو مشبع من الاكسجين تحدث هذه التفاعلات بشدة وبسرعة .

التفاعل مع الفلزات .

تتحد كثير من الفلزات مباشرة مع الاكسجين مكونة الاكاسيد فالفلزات النشطة مثل الاقلاء والاقلاء الأرضية تتفاعل بشدة عند درجة حرارة الغرفة وتحترق فى الغاز النقى بالتسخين وتكون بعض هذه الفلزات مثل الصوديوم البوتاسيوم فوق الاكسيد . أما الحديد فيحترق فى جو من

الاكسيين مكونا اكسيد الحديد للمغناطيسى Fe_3O_4 الاسود وهو يختلف عن صدأ الحديد فى الجو الرطب حيث يتكون الاكسيد الأحمر Fe_2O_3

التفاعل مع اللافلزات :

تتفاعل كثير من اللافلزات مباشرة مع الاكسجين مكونه الاكاسيد . فيحترق الفوسفور والكبريت والكربون بلهب واضح وتكون اكاسيد مختلفة نظرا لوجود تكافؤات مختلفة لهذه العناصر . فمثلا يكون الفوسفور ثالث وخامس الاكسيد تبعا لكمية الاكسجين .

$$P + O_2 \rightarrow P_2O_3 \text{ أو } P_2O_5$$

وبالرغم من أن الاكسجين لايتفاعل مباشرة مع الهالوجينات فان اكاسيد كثيرة منها معروفة .

التفاعل مع المركبات :

يستطيع الاكسيجين أن يتفاعل مع بعض المركبات عند درجة الحرارة العادية فيؤكسدها إلى حالة تأكسد أعلى فمثلا تتأكسد مركبات التيتانوز والكروموز والقصديروز .

$$Sn^{+2} + 2H^+ + \tfrac{1}{2} O_2 \rightarrow Sn^{+4} + H_2O$$

قصديريك　　قصديروز

وعند تسخين بعض المركبات والتى تحتوى على عناصر تميل إلى الأتحاد مع الأكسيجين فانها تتفاعل معه أيضا . فاذا أحرق كبريتيد الهيدروجين فى الاكسيجين ، اتحد كل من الكبريت والهيدروجين مع الاكسيجين ويتكون ثانى اكسيد الكبريت وبخار الماء .

$$2\ H_2S + 3\ O_2 \rightarrow 2\ SO_2 + 2\ H_2O$$

كما أن بعض الاكاسيد ذات التكافؤ المنخفض تتحول إلى اكاسيد ذات تكافؤ مرتفع .

$$CO + {}^1/_2\ O_2 \rightarrow CO_2$$

وترجع قابلية مثل هذه المركبات للأكسدة إلى أن جميع اليكترونات التكافؤ لم تستخدم فى الاتحاد الأول ، ولذلك فانهـــا تتحد مع زيادة من الاكسيجين لتكون مركبات ذات تكافؤ أعلى تركيبها الاليكترونى مشبع .

نظائر الاكسيجين

ثبت باستخدام مطياف الكتلة أن الاكسيجين يحتـوى على خليط من النظائر ذات الوزن الذرى ١٧ (O^{17}) و١٨ (O^{18}) بالاضافة إلى الاكسيجين العادى الذى وزنه الذرى ١٦ (O^{16}) . وبالتحليل الطيفى للاكسيجين باستخدام مطياف الكتلة وجد أن الاكسيجين يحتوى النظائر الثلاث بالنسبة التالية .

١٦ = ٩٩٫٧٪ ١٧ = ٠٫٠٤٪ ١٨ = ٠٫٢٪

هذا ويؤخذ الوزن الذرى للاكسيجين ١٦ بالرغم من أنه مخلوط من هـــذه النظائر .

الاكسيجين الذرى .

تحول الاشعة فوق البنفسجية جزيء الاكسيجين إلى ذرتين من الاكسيجين تكون أكثر نشاطا واسرع فى تفاعلاتها وعلى ذلك فالاكسيجين الذرى عامل مؤكسد أقوى من الاكسيجين الجزيئى . وعند اتحاد ذرات الاكسيجين ثانية تنطلق كمية كبيرة من الطاقة فى صورة حرارة تكفى لصهر كثير من

المعادن، كذلك يتحد الاكسيجين الذرى مع الاكسيجين الجزيئى لتكون الاوزون . ويبلغ من نشاط هذا الاكسيجين أنه يتفاعل مع كثير من المركبات التى لا يتفاعل معها الاكسجين الجزيئى ، فهو يؤكسد كبريتيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين وكلوريد الهيدروجين كذلك .

$$2\ HCl + O \rightarrow H_2O + Cl_2$$

الاوزون (O_3)

عند إمرار الاكسيجين الجاف بين قطبى موزنز مشحونين بالكهرباء يحدث نقص فى حجم الغاز ، وتتكون مادة ذات زرقة باهته ورائحة خانقة تعرف بالاوزون ، ويتكون جزيئها من ثلاث ذرات من الاكسيجين . ويحدث التفاعل تبعا للمعادلة .

$$3\ O_2 + 69\ R.col \rightarrow 2\ O_3$$

والاوزون والاكسيجين صورتان تآصليتان لنفس العنصر ويقصد بكلمة التآصل وجود صورتين للعنصر فى حالة طبيعية واحده . ويتواجد الاوزون فى طبقات الجو العليا بسبب فعل الاشعة فوق البنفسجية. ويتكون فى الهواء الجوى بواسطة البرق أو بالتفريغ الكهربائى فى الجو .

تحضيره :

يتضح من معادلة تكوين الاوزون من الاكسيجين السابق ذكرها ، أنه مركب ماص للحرارة . ولذلك يمكن تحضير الاوزون من الاكسيجين بعد النظام بالطاقة على هيئة طاقه حرارية أو ضوئية أو كيميائية أو كهربائية .

الطاقة الحرارية : إذا سخن الاكسيجين إلى درجة حرارة مرتفعة فى فرن القوس الكهربائى تحول جزء منه إلى الاوزون. وقد وجد أن نسبة الاوزون فى المخلوط الغازى تزداد بارتفاع درجة الحرارة حيث أن الاوزون مركب ماص للحرارة ولذلك يظل الاوزون ثابتا عند درجات الحرارة المرتفعة . وإذا برد المخلوط بالتدريج فان الاوزون المتكون يتفكك مع إنطلاق كمية الحرارة الممتصة . ولكى يظل الاوزون فى حالة ثبات يلزم تبريد مخلوط الغاز فجأة إلى درجة تقل عن ٢٠٠°م بحيث لاتكون هناك فرصة لتحلل جزيئات الاوزون . ولايقتصر ثبات الاوزون على الدرجات المرتفعة ، ولكنه يستمر فى حالة ملحوظة الثبات عند درجة الحرارة العادية تعرف بالثبات المؤقت وذلك لبطء سرعة التفكك . وإذا نشط التفاعل بالتسخين فوق ٢٠٠°م ينحل الغاز بانفجار .

$$2\ O_3 \rightarrow 3\ O_2 + 69\ k.\ Col$$

الطاقة الضوئية : يتكون الاوزون بفعل الاشعة فوق البنفسجيه واشعاعات الراديوم على الاكسيجين ، ويرجع تكون الاوزون فى طبقات الجو إلى فعل الاشعة فوق البنفسجية .وتتكون كميات صغيرة من الاوزون ـ غير انه يمكن ادراك وجودها بواسطة الشم ـ عند إضاءة قوس الزئبق لأن الأشعة فوق البنفسجية ضمن الاشعاعات الصادرة من هذا القوس . وفى الطريقة العملية يعرض مخلوطا من الاكسيجين وبخار الزئبق لهذا الاشعة ، فيمتص بخار الزئبق هذه الاشعة وتنشط ذراته ، ثم تنتقل هذه الاشعة إلى جزيئات الاكسيجين الذى يتفكك إلى ذرات يمكنها أن تتحد مع جزيئات اكسيجين أخرى لتكوين الاوزون . وبما أن كمية الطاقة التى تصاحب أى نوع من الاشعة تتناسب مع تردد الاشعة ويساوى هذا التردد مضروبا فى

ثابت بلانك ، فان كمية الطاقة المصاحبة للاشعة فوق البنفسجية التى تختص بتردد عالى تكون كافية لاحداث التفاعلات الكيميائية .

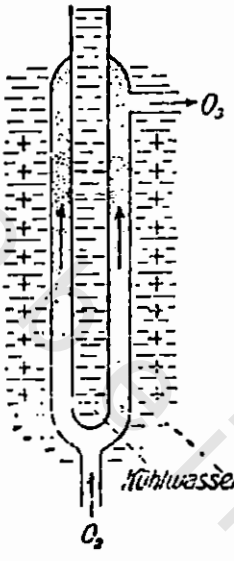
الطاقة الكيميائية : يتكون الاوزون عندما يتحلل الماء بواسطة الفلور وفى أثناء اتأكسد البطىء لكثير من المواد مثل الفوسفور . فمثل هذه التفاعلات تفاعلات طاردة للحرارة ويمكن لجزىء الاكسيجين أن يمتص الطاقة المنطلقة ويتحول إلى الاوزون . ويمكن توضيح التفاعل بالمعادلات الآتية

$$F_2 + H_2O \rightarrow 2\,HF + O + heat$$

$$3O + heat \rightarrow O_3$$

وتعرف التفاعلات المشتملة على تفاعلين أحدهما طارد للحرارة والآخر ماص لها والتى تستخدم فيها الطاقة المنطلقة من التفاعل الاول لاتمام التفاعل الثانى بالتفاعلات الزوجية (Coupled reactions) . وتبلغ نسبة الاوزون للتكونة فى هذا التفاعل ١٣ ـ ١٤٪ من الاكسيجين الناتج .

الطاقة الكهربائية : لاحظ فان ماروم (Van marum) أنه عند حدوث تفريغ كهربائى يكتسب الهواء رائحة خاصة نتيجة لتكون غاز أسماه الاوزون . ويحضر الاوزون عادة بتأثير التفريغ الكهربائى الصامت على غاز الاكسيجين ، ويستخدم لهذا الغرض أنواع مختلفة من المؤزنات أهمها موزنز سيمنز (Siemens) وهو موضح بشكل ٤٨ ويتركب من انبوبتين اسطوانيتين من الزجاج إحداهما داخل الاخرى ، ويغطى السطح



شكل ٤٨
مؤزنز سيمنز

الخارجى للانبوبة الداخلية بورقه من القصدير كما يغطى السطح الخارجى للانبوبة الخارجية بالقصدير وتعمل ورقتى القصدير كقطبين يمكن توصيلها بطرف ملف كهربائى؛ فاذا أمرت الشرارة الكهربائية الصامتة بين ورقتى القصدير ، ثم أمر تيار بطىء من الاكسيجين الجاف خلال الفراغ المحيط بالانبوبة الداخلية، يتحول جزء من الاكسيجين يبلغ ٥-٨٪ إلى أوزون . وتنخفض كمية الاوزون للتكونه اذا كان الاكسيجين المستخدم رطبا .

الخواص الطبيعية :

يتميز الاوزون بلون أزرق باهت ورائحة خانقة . وهو غاز سام وتجلب كثرة استنشاقه صداعا ملحوظا . ولايستخدم الغاز فى الحالة النقية ولكن يخفف بالهواء حتى يصل تركيزه إلى حوالى ١٥ ٪ أوزون . وهو شحيح الذوبان تحت الظروف العادية فى الماء ، وفى المحلول يحمر ورقة عباد الشمس قبل أن يزيل لونها ولذلك فقد إفترض وجود حمض الأوزونيك فى المحلول المائى

$$O_3 + H_2O \rightarrow H_2O_4$$

وعند معالجة هيدروكسيد البوتاسيوم الصلب بالاوزون يتكون سوبر اكسيد البوتاسيوم ، ويتصف مع الصيغة (KO_3) الذى يعرف إحيانا بأوزونات البوتاسيوم .

الخواص الكيميائيه :

الغاز النقى نشط جدا ويرجع ذلك إلى أنه مركب ماص للحـــراره . والاوزون عامل مؤكسد قوى اذ يقترب فى قوته المؤكسده من الفلور الذى يعتبر أقوى المواد المؤكسده المعروفة ، وعلى ذلك فقوة الاوزون المؤكسده تفوق الاكسيجين لزيادة محتـــواه الحرارى عن الاكسيجين . وفى معظم تفاعلات الاكسدة لايحدث نقصان فى حجم الغاز للتفاعل إذ أن كل جزئى أوزون يعطى جزيئا من الاكسيجين . وعلى الرغم من أن الفضه أو الزئبق لايتأثران بالهواء عند درجة الحرارة العادية فانهما يتأكسدان سطحيا اذا وضعا فى جو به أوزون . كذلك يؤكسد الاوزون جميع المواد المختـــزلة فهو مثلا يحول أملاح الحديدوز الى الحديديك والكروموز إلى الكروميك وكذلك الكبريتيدات إلى الكبريتات

$$PbS + 4O_3 \rightarrow PbSO_4 + 4O_2$$

ويؤكسد اليوديدات فى المحاليل المائية إلى اليود أما اليود الصلب فانه يكون مركبا اصفرا صيغته (I_2O_4) أما اليود الرطب فيكون حمض اليوديك

$$I_2 + H_2O + 5O_3 \rightarrow 2HIO_3 + 5O_2$$

ويتكون حمض كارو (احادى فوق الكبريتيك) عند تفـــاعل حمض الكبريتيك مع الاوزون

$$H_2SO_4 + O_3 \rightarrow H_2SO_5 + O_2$$

وبالاضافة إلى التفاعلات التى يتحول فيها الاوزون إلى الاكسيجين بعد فقدانه للذرة النشطة فى تفاعلات الاكسده ، فهناك تفاعلات كثيرة يختفى

فيها جزيء الاوزون تماما مثل اكسدة ثانى اكسيد الكبريت إلى ثالث الاكسيد

$$3SO_2 + O_3 \rightarrow 3\ SO_3$$

كذلك أكسدة أملاح القصدير وز إلى القصديريك

$$3\ Sn\ Cl_2 + 6HCl + O_3 \rightarrow 3\ Sn\ Cl_4 + 3H_2O$$

وكما يؤكسد الاوزون للمواد غير العضوية فانه يتفاعل مع كثير من المواد العضوية بسرعة فهو يحول الكحولات والالدهيدات إلى الاحماض الكربوكسيلية . كما يضاف الاوزون إلى الروابط الثنائيه فى المركبات غير المشبعة.ويتم الانحلال بواسطة الماء الذى يتحول الى بيروكسيد الهيدروجين وينقسم المركب الاصلى الى مركبين .

$$R_2'.C = C . R_2 \xrightarrow{O_3} R_2'.\ \overset{O\cdot O\cdot O}{\underset{|\quad|}{C - C}}\ R_2$$

$$\xrightarrow{H_2O} R_2.'C = O + R_2.C = O + H_2O_2$$

ويستفاد من هذه التفاعلات فى تعيين موضع الوصلة الثنائية فى المركبات العضوية الغير مشبعة وذلك بالكشف عن المركبات الناتجة .

استعمالات الاوزون:

يستخدم الاوزون فى تبييض الزيوت والشموع والاقمشة والنشا ، وهى عمليات تشتمل على اكسدة المواد الملونة إلى مركبات عديمة اللون . كما يستخدم الأوزون فى تعقيم الاطعمة وتنقية الماء وذلك بقتل البكتريا

الموجودة فيه ، وقد وجد أن كمية صغيرة من الاوزون (١٠ وفى المليون) يكون كافيا لتنقية الهواء من الروائح الكريهة .

الكشف عن الأوزون :

للكشف عن الاوزون يستفاد من قدرته على فصل اليود من يوديد البوتاسيوم، إلا أن هذا التفاعل يحدث مع كثير من المواد المؤكسدة. وهذه الطريقة غير صالحة للكشف عن الاوزون فى التراكيز المنخفضة أما اذا بلل نصف ورقه عباد شمس متعادلة بيوديد البوتاسيوم وعرض للغاز فان النصف المبلل يتلون باللون الازرق إذا كان الغاز محتويا على الاوزون ، ويرجع ذلك لتكون هيدروكسيد البوتاسيوم حسب التفاعل

$$2KI + H_2O + O_3 \rightarrow O_2 + I_2 + {}^2KOH$$

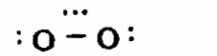
أما الغازات المؤكسدة مثل الاكاسيد النيتروجينة فانها عندما تؤثر فى النصف المبتل تحوله إلى اللون الاحمر وذلك لتكون حامض النيتريك والنيتروز مع الرطوبة .

ولتقدير الاوزون كميا يمكن معايرة اليود المنفصل فى محلول يوديد البوتاسيوم المتعادل بواسطة محلول ثيو كبريتات الصوديوم معروف التركيز .

الروابط الاليكترونية فى الاكسيجين والاوزون :

كان يعتقد أن جزىء الاكسيجين يتركب من ذرتين مرتبطتين برابطه ناتجة عن مساهمة كل ذرة باليكترونين $\ddot{O}::\ddot{O}$ بحيث تحصل ذرة على التركيب الثمانى الثابت للغاز الخامل النيون . ولما كان الاكسيجين وخاصة

السائل والصلب ذا خواص مغناطيسية واضحة فان الجزىء لابد أن يحتوى على اليكترونين غير مزدوجين . وقد وجد بالقياسات للمغناطيسية أن جزىء الاكسجين يحتوى على اليكترونين منفردين ويمكن تمثيل جزىء الاكسجين كما يلى



ويلاحظ أن الصورة الثانية تحتوى نوع من الروابط ثلاثية الاليكترون وبها اليكترون غير مزدوج . وبينما يوجد اليكترونان من الثلاثة فى تحت مستوى طاقة حول نواة احدى الذرتين يشغل الاليكترون الثالث نفس تحت المستوى فى الذرة الاخرى وبذلك يوجد اليكترونان منفردان فى كل جزىء .

أما جزىء الاوزون فانه يمثل كما هو مبين ومنه يتضح أن هناك نوعين من الروابط احدهما رابطة اشتراكية مزدوجة والاخرى تناسقية. ولكن نظرا لحدوث مايعرف بظاهره التذبذب (resonance) فانه لايمكن التفرقة بين الرابطتين .

صيغة الاوزون :

ومن أهم الطرق المستخدمه فى معرفه صيغة العنصر الغازى تعيين وزنه الجزيئى ووزنه الذرى ، ومن ثم يمكن حساب عدد الذرات فى الجزىء . وقد طبقت هذه الطريقة فى حالة الاوزون فوجد أن وزنه الجزيئى ٤٨ ومن ثم فان عدد الذرات فى الجزىء $= \frac{٤٨٫٠٠}{١٦٫٠٠} = ٣$

وقد أمكن تعيين الوزن الجزيئى بطريقة الانتشار الغازى وذلك بمقارنة إنتشار مخاليط الاوزون والاكسيجين ، بمخاليط النيتروجين

والاكسيجين المحتوية على نفس النسبة من الاكسيجين . كما أنه أمكن حديثا فصل عينات نقية من الاوزون وعين وزنه الجزيئى بطرق الكثافه البخارية . هذا وقد عينت صيغته بطريقة يمكن أن تلخص فيما يلى :

ا — يجهز مخباران مدرجان متساويان فى الحجم ويملآن بمخلوط الاوزون والاكسيجين ، ثم ينكس أحدهما فى حوض يحتوى على زيت التربنتينا ، والآخر فى حوض به زئبق وتوضع علامة على سطح السائل داخل عنق الدورقين .

ب — يترك المخباران بعض الوقت فيلاحظ أن سطح التربنتينا يرتفع فى عنق الدورق نتيجة لامتصاص الاوزون ، وعندما يثبت سطح السائل يعين النقص فى الحجم وليكن ح١ .

جـ — يسخن المخبار الثانى إلى درجة ٢٠٠ يلاحظ حدوث زيادة فى الحجم الذى يقاس بعد أن تعود درجة الحرارة إلى الدرجة الاصلية ولتكن الزيادة ح٢ . وقد لوحظ أن قيمة ح٢ = ½ ح١ . ومعنى ذلك أن الاوزون عندما يتفكك يزداد حجمه بمقدار النصف .

∴ حجم من الاوزون = ١½ حجم من الاكسيجين .

∴ ن جزىء من الاوزون = ½ ١ ن جزىء من الاكسيجين .

∴ جزىء من الاوزون = ½ ١ جزىء من الاكسيجين .

= ٣ ذرات من الاكسيجين .

وبذلك تكون صيغة الاوزون (ا٣) .