الباب العاشر

الاكسجين والاوزون

الاكسجين

= ٣٢

تاريخه

اكتشفه كل من (بريستلى - Priestley) سنه ١٧٧٤ وحصل عليه بتسخين أكسيد الزئبق الأحمر . كذلك حضره فى ذلك الوقت (شيل - Scheele). ودرس لافوازير خواصه المهمة وهو الذى بين فعل الأكسجين فى عمليات الاحتراق و فى التنفس وسماه بالأكسجين

وجوده

يوجد الأكسجين فى الهواء الجوى بنسبة ٢٠,٨١ ٪ بالحجم أو ٢٣,٠١ ٪ بالوزن. ويوجد متحداً بعناصر أخرى فى الماء والصخور ، والخامات المعدنية وفى أنسجة النبات والحيوان. ونسبة الأكسجين فى القشرة الأرضية أكبر من نسبة أى عنصر آخر ، اذ يكون نحو ٥٠ ٪ منها . ونسبته فى الماء =

تحضير الاكسيجين

(ا) يحضر الأكسجين عادة فى المعمل بتسخين كلورات البوتاسيوم مع ثانى أكسيد المنجنيز بنسبة ٥ : ١ . مع ملاحظة الاحتراس فى التسخين

تتحلل كلورات البوتاسيوم بالتسخين (٣٨٠°) : —

$$٢\ \text{بو كل ا}_{٣} \longrightarrow ٢\ \text{بو كل} + ٣\ \text{ا}_{٢}\ (\text{المعادلة ١})$$

ولكن يلاحظ أثناء التسخين أن قوام الملح يصبح كالعجين وإن تصاعد الاكسجين منه يصبح بطيئا ، وينسب ذلك الى عدم تحلل الكلورات تحللا

كاملا ، اذ يتكون منها كلوريد وفوق كلورات بوتاسيوم : —

٢ بو كل ا$_{٣}$ ← بو كل + بو كل ا$_{٤}$ + ا$_{٢}$ (المعادلة ٢)

ويلزم رفع درجة الحرارة كثيراً (> ٦٠٠°) لاصهار فوق الكلورات وتحليلها : —

بو كل ا$_{٤}$ ← بو كل + ٢ ا$_{٢}$

بحيث يكون الناتج النهائى كما فى المعادلة (١)

ويمكن جعل تحليل كلورات البوتاسيوم كاملا بدون تسخين شديد، وذلك بمزجها بكمية من ثانى أكسيد المنجنيز الذى يعمل كعامل ملامسة .

يكون الأكسجين المحضر بهذه الطريقة غير نقى اذ يكون به ثانى أكسيد الكربون ونتروجين (من ثانى أكسيد المنجنيز) وبعض مركبات الكلور الاكسيجينية ، فينقى بامراره فى محلول من البوتاسة الكاوية .

ويحسن قبل الشروع فى عملية التحضير اختبار ثانى أكسيد المنجنيز والتأكد من عدم وجود فحم ناعم مختلط به ، إذ قد ينشأ عن تسخينه مع كلورات البوتاسيوم فرقعة خطرة ،فيختبر بتسخين كمية قليلة منه مع كلورات البوتاسيوم فى أنبوبة اختبار

ويتكون الأكسيجين من تسخين بعض الأكاسيد الفلزية، كأكسيد الزئبق والفضة ، والذهب ، والبلاتين : —

٢ ئـ ا ← ٢ ئـ + ا$_{٢}$

أو بعض الأكاسيد العالية للفلزات (ذات نسبة أكسجين مرتفعة) :-

(١) ٢ مد$_{٢}$ ا$_{٢}$ ← ٢ مد$_{٢}$ ا + ا$_{٢}$

(٢) ٢ ر ا$_{٢}$ ← ٢ ر ا + ا$_{٢}$

(٣) ٣ من ا$_{٢}$ ← من$_{٣}$ ا$_{٤}$ + ا$_{٢}$

يحسن تسخين ثانى أكسيد المنجنيز مع حامض الكبريتيك المركز : —

٢ من ا$_{٢}$ + ٢ بد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ ← ٢ من كب ا$_{٤}$ + ٢ بد$_{٢}$ ا + ا$_{٢}$

(٤) ٢ با ا$_{٢}$ ← ٢ با ا + ا$_{٢}$

ويتكون الأكسجين بتسخين بعض أملاح المعادن القلوية الغنية في الأكسجين ككلورات البوتاسيوم (المشار اليها سابقاً):

أو ٢ بو من ا$_{٤}$ ← بو$_{٢}$ من ا$_{٤}$ (منجنات) + من ا$_{٢}$ + ا$_{٢}$

أو ٢ بو ن ا$_{٣}$ ← ٢ بو ن ا$_{٢}$ + ا$_{٢}$

ويتكون أيضا بتسخين بعض المركبات الغنية فى الاكسجين مع حامض الكبريتيك المركز : —

(١) ٢ بو$_{٢}$ كر$_{٢}$ ا$_{٧}$ + ٨ بد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ ←

٢ بو$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ٢ كر$_{٢}$ (كب ا$_{٤}$)$_{٣}$ + ٨ بد$_{٢}$ ا + ٣ ا$_{٢}$

(٢) فوق منجنات البوتاسيوم، ولكن منعاً لخطر الفرقعة التى قد تحدث من تسخين فوق المنجنات مع حامض الكبريتيك المركز ، يحسن خلطها بفوق أكسيد الأيدروجين وتسخين المخلوط مع حامض الكبريتيك المركز : —

٢ بو من ا$_{٤}$ + ٣ بد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ٥ بد$_{٢}$ ا$_{٢}$ ←

٢ بو$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ٤ من كب ا$_{٤}$ + ٦ بد$_{٢}$ ا + ٥ ا$_{٢}$

ويكون الأكسجين المتكون نقياً . يلاحظ أن نصف الأكسجين المتكون ينتج من تحلل فوق المنجنات ، والنصف الآخر من تحلل فوق أكسيد الأيدروجين فان تفاعل فوق المنجنات وحدها مع حامض الكبريتيك يكون :-

٤ بو من ا$_{٤}$ + ٦ بد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ ←

٢ بو$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ + ٤ من كب ا$_{٤}$ + ٦ بد$_{٢}$ ا + ٥ ا$_{٢}$

تحضير الاكسجين فى الصناعة

كان يستخدم أكسيد الباريوم صناعيا فى تحضير الاكسجين ، وذلك بتسخينه فى تيار من الهواء (٥٠٠°) ، فيتحد باكسجين الهواء : —

٢ با ا + ا$_{٢}$ ← ٢ با ا$_{٢}$

وبرفع درجة الحرارة الى (١٠٠٠°) يتحلل فوق أكسيد الباريوم : —

$$٢\,با_{٢}\ \longleftarrow\ ٢\,با + ا_{٢}$$

فكأن أكسيد الباريوم يعمل كواسطة فقط لعزل الأكسجين من الهواء (بوسينجولت - Boussingault) ثم وجد أنه بتكرار العملية جملة مرات يصبح أكسيد الباريوم غير صالح لامتصاص الاكسجين . وذلك من تأثير توالى درجات الحرارة المختلفة عليه فعدلت الطريقة الصناعية Brin بجعل درجة الحرارة ثابتة وتغيير الضغط على حالة الاتزان :

$$٢با + ا_{٢} \underset{\text{تخفيض الضغط}}{\overset{\text{زيادة الضغط}}{\rightleftharpoons}} ٢\,با_{٢}$$

(٢) يحضر الأكسجين فى الصناعة بالتحليل الكهربائى للماء بعد إضافة صودا كاوية اليه بنسبة ١٥٪ : -

$$٢\,ند_{٢}ا\ \longleftarrow\ ٢\,ند_{٢} + ا_{٢}$$

ويباع فى السوق بعد ضغطه تحت ١٢٠ جواً فى اسطوانات أو زجاجات من الصلب .

(٣) يحضر الاكسجين صناعياً أيضاً بتقطير الهواء الجوى المسال تقطيراً جزئياً . فان درجة غليان النيتروجين - ١٩٥,٧° وهو إذاً أكثر تطايراً من الأكسجين الذى يغلى على درجة - ١٨٢,٩° .

عند تعرض مخلوط السائلين للتبخر تتغير درجة حرارته باستمرار وكذا تركيبه ($ا_{٢} : ن_{٢}$) ، كما تتغير نسبة الأكسجين للنتروجين فى البخار المتكون، فان البخار المتصاعد يحتوى دائماً على العنصر الأكثر تطايراً (النيتروجين) بنسبة أكبر من نسبتها فى السائل المتبخر ، فترتفع إذاً نسبة الاكسجين فى هذا السائل تدريجياً حتى تصل الحرارة الى درجة - ١٨٢,٩° . وباستعمال أعمدة التجزئة وهى أعمدة طويلة ذات حواجز أفقية ، تمر فيها الغازات السائلة من أعلى إلى أسفل والابخرة المتصاعدة من أسفل إلى أعلى، يمكن فصل الأكسجين من النتروجين تماما والحصول على كل منهما على حالة نقية تقريبا طريقة

(كلود ـ Claude). (يحتوى الأكسجين المحضر باسالة الهواء الجوى على نحو ٣ ـ ٥ ٪ نيتروجين)

خواصه

الأكسجين غاز عديم اللون والطعم والرائحة ، كثافته بالنسبة للهواء ١,١٠٥٦ ويزن اللتر منه فى معدل الضغط والحرارة ١,٤٢٩ جراما وهو قليل الذوبان فى الماء ، فيذيب اللتر الواحد من الماء ٤٨,٩ سم٣ أكسجين على درجة صفر (يمكن جمعه على الماء) ، درجة غليانه ـ ١٨٢,٩° (سائل أزرق فاتح)، ودرجة انصهاره — ٢١٩° ، يذوب الأكسجين فى بعض المعادن المنصهرة كالفضة ويتطاير أثناء تجمدها ، فتذيب الفضة المنصهرة حوالى ٢٢ ضعف حجمها من الأكسجين

يتحد الأكسجين مباشرة مع معظم العناصر ما عدا اللافلزات : الفلور ، والكلور ، والبروم ، واليود ، والنتروجين ، وبعض الفلزات : كالذهب والبلاتين

لا يتحد الأكسجين بالفضة تحت الضغط الاعتيادى ، ولكن على درجة ٣٠٠° وتحت ضغط مرتفع يتكون تحت أكسيد الفضة (ف٤ ا) .

ويكون اتحاد الأكسجين ببعض العناصر كالفوسفور ، والبوتاسيوم والحديد المجزء (الناعم) على الدرجة الاعتيادية ، ولكن كثيراً ما يحتاج التفاعل إلى تسخين ولو فى منطقة واحدة لابتداء التفاعل فيستمر هذا بواسطة الحرارة المتولدة منه . وعندما يكون الأكسجين بكمية كافية يكون ناتج الاتحاد دائما هو المركب الأغنى فى الاكسجين الذى يمكن للعنصر أن يكونه ، بشرط أن يكون هذا المركب ثابتاً على الحرارة التى تم التفاعل فيها . فاذا أحرق الفوسفور مثلا فى الأكسجين ، يتكون خامس أكسيد الفوسفور (فو٢ ا٥ وليس فو٢ ا٣) ، وباحراق الكربون يتكون ثانى أكسيد الكربون (ك ا٢ وليس ك ا) ، وباحراق الكبريت يتكون ثانى أكسيد الكبريت (كب ا٢ وقليل جداً من كب ا٣ وذلك لأن ثالث أكسيد الكبريت غير ثابت على حرارة مرتفعة) ، وباحراق الايدروجين يتكون ماء .

تحترق بعض الفلزات فى الأكسيجين . كالصوديوم ، والبوتاسيوم ، والمغنسيوم ، والحديد ، والخارصين : —

$$٢ ص + ا_٢ \leftarrow ص_٢ ا_٢ \quad ، \quad ٢ بو + ٢ ا_٢ \leftarrow بو_٢ ا_٤$$

تحترق فى الأكسجين عادة المركبات التى تحتوى على عناصر قابلة للاحتراق وإذا كانت كمية الأكسجين كافيـــة فإن ناتج الاحتراق يكون كناتج احتراق العناصر المكونة للمركب كل على حدة فعند احتراق مركب عضوى مثلا مكون من كربون وأيدروجين وأكسيجين ونتروجين ، يتكون ثانى أكسيد كربون ، وماء ، ونتروجين .

الاحتراق

إن عمليات التأكسد التى ذكرت والتى تولد حرارة وضوءاً سميت عمليات احتراق combustion ؛ ويعتبر الأكسيجين عنصر مساعد على الاحتراق .

توجد تفاعلات تأكسد أخرى تحدث بتوليد حرارة وضوء كاشتعال الفوسفور فى الكلور ، والأمونيا فى الكلور ، والنحاس فى بخار الكبريت . ويغلب على الظن أن الاحتراق لا يحدث إلا بتوهج المادة المحترقة ؛ ولكن هناك تفاعلات عديدة لإتحاد العناصر أو المركبات بالأكسجين تحدث بدون ارتفاع محسوس فى الحرارة ، فإن الحديد المعرض للهواء الرطب يتغطى تدريجياً بطبقة بنية اللون من (ح_٢ ا_٣) الأيدراتى ، ولو أن التفاعل يولد حرارة كبيرة إلا أنه يحدث ببطء وعلى مسطح كبير فلا يكون ارتفاع الحرارة محسوساً . وللتمييز بين نوعى الاحتراق ، سمى الأول — الذى يحدث بتوهج وارتفاع محسوس فى الحرارة — بالاحتراق السريع ، والثانى بالاحتراق البطىء .

وأمثلة الاحتراق البطىء عديدة فى الطبيعة ، كتحول الأمونيا إلى حامض نتريك من تأثير الأكسجين وبمساعدة خمائر مختلفة ، وتحول الكحول إلى حامض خليك الخ . ومن أهم حالات الاحتراق البطىء عملية التنفس (لافوازير) ، فإن الدم الشريانى المحمل بالأكسيجين الذى يأخذه من الرئتين ينقل هذا الغاز إلى أجزاء الجسم المختلفة حيث تتأكسد الأنسجة تأكسداً بطيئاً من تأثيره ،

ويتكون ثانى أكسيد الكربون ، ثم يحمل الدم الوريدى هذا الغاز الى الرئتين. وعملية الاحتراق البطىء هذه تولد حرارة تكسب الجسم حرارته .

تمييزه من الغازات الاخرى

يميز الأكسجين من الغازات الأخرى بواسطة ثقاب على وشك الاطفاء فيشتعل فيه ثانية . ولأول أكسيد النتروجين هـــذه الخاصة أيضاً ويمكن التفريق بينهما بواسطة ثانى أكسيد النتروجين الذى يكون أبخرة محمرة اللون مع الأكسجين ، ولا يكون شيئاً مع أول أكسيد النتروجين :—

$$٢\,ن\,ا + ا_٢ \longrightarrow ٢\,ن\,ا_٢$$

تمتص بعض المحـــاليل الأكسجين : بيروجلات البوتاسيوم ، كلوريد النحاسوز النشادرى . . . الخ .

المشابهات الذرية للاكسجين

كان يعتقد قبل سنة ١٩٢٩ أن الأكسيجين عنصر نقى أى أن جميع ذراته ذات تركيب واحد. وأظهر (جياوكو وجونستون — Giauque & Johnston) فى نفس العام أن أشعة الطيف الجوية الممتصة بينت وجود مشابه ذرى كتلة = (١٨) ، ثم ذكر بعد ذلك مشابه ذرى آخر كتلته = (١٧) . ووجد من الصعوبه تقدير نسبة وجود كل من هذين المشابهين الذريين . والأرقام المعتمدة حالياً هى ٢ ٪ من المشابه الذرى ذى الكتلة (١٨) ، ٠٤ ٪ من الذى كتلته (١٧) .

استعمالاته

يستعمل الأكسيجين النقى فى البوريات للحصول على حرارة مرتفعة لإصهار الكوارتز والبلاتين ، ولحام وقطع ألواح الصلب الخ . ويستعمل بقلة فى الطب فى معالجة الأمراض الرئوية .

ويكتفى باستعمال الهواء الجوى (أكسجين مخفف) فى عمليات التأكسد المختلفة فى صناعة بعض الأكاسيد أو غيرها .

الأكاسيد

تسمى مركبات العناصر مع الأكسيجين بالأكاسيد ويمكن تقسيمها إلى ست مجموعات وهى :-

١ - أكاسيد متعادلة
٢ - أكاسيد حامضية
٣ - أكاسيد قاعدية
٤ - أكاسيد أمفوتيرية
٥ - فوق أكاسيد
٦ - أكاسيد مركبة

أكاسيد متعادلة

لا تظهر هذه الأكاسيد أى ميل للاتحـــاد مع الأحماض أو القواعد لتكوين أملاح مثل أكسيد النتروز .

أكاسيد حامضية

وهى الأكاسيد التى تتحد مع القواعد لتكوين أملاح مثل ثانى أكسيد الكربون :-

$$٢ص\,اد + ك\,ا_{٢} \longrightarrow ص_{٢}ك\,ا_{٣} + بد_{٢}ا$$

تتفاعل غالباً هذه الأكاسيد مع المـاء فتكون أحماضاً مثل ثالث أكسيد الكبريت الذى يتحد بشدة مع المـاء بتكوين حامض كبريتيك ويستعمل فعلا هذا التفاعل فى تحضير الحامض فى الصناعة .

$$بد_{٢}ا + كب\,ا_{٣} \longrightarrow بد_{٢}كب\,ا_{٤}$$

وتسمى الأكاسيد التى تكون أحماضاً مع المـاء بأندريدات الأحماض مثل ثالث أكسيد الكبريت وخامس أكسيد الفوسفور . فيسمى (كب $ا_{٣}$)

بأندريد الكبريتيك و (فو$_{٢}$ ا$_{٥}$) بأندريك الفوسفوريك . . الخ . ويمكن اعتبار الأندريد بأنه المادة التي تتبقى بعد إزالة عناصر الماء من الحامض . وأندريدات الأحماض الهامة الأخرى هي :— السليكا وثالث وخامس أكسيد النيتروجين وأكاسيد الهالوجينات وثاني أكسيد الكبريت . ويتبين من ذلك أن أكاسيد اللافلزات تكون عادة أكاسيد حامضية .

أكاسيد قاعدية

يتحد كثير من الأكاسيد مع الأحماض بتكوين أملاح وماء فتسمى بالأكاسيد القاعدية وتتفاعل أكاسيد المعادن القلوية مع الماء فتكون أيدروكسيدات ذائبة تسمى بالقلويات مثل أيدروكسيد الصوديوم وأيدروكسيد البوتاسيوم ، وتتفاعل أكاسيد معادن الأراضي القلوية بالماء فتكون أيدروكسيدات قليلة الذوبان في الماء مثل أيدروكسيد الكالسيوم وأيدروكسيد الباريوم

الأكاسيد القاعدية هي دائماً أكاسيد فلزات مثل أكاسيد النحاس والكالسيوم والحديد

أكاسيد أمفوتيرية

يوجد عدد كبير من الأكاسيد تعمل كأكاسيد حامضية أو كأكاسيد قاعدية تبعاً لظروف التفاعل ، فيتحد أكسيد الخارصين مع حامض الأيدروكلوريك ويكون كلوريد خارصين وفي هذه الحالة يعمل الأكسيد عمل القاعدة ، ويتحد أيضاً مع محلول مركز من أيدروكسيد البوتاسيوم ويكون خارصينات بوتاسيوم فيعمل في هذه الحالة عمل أكسيد حامضي:—

$$\text{خ ا} + ٢\ \text{بد كل} \leftarrow \text{خ كل}_{٢} + \text{بد}_{٢}\text{ا}$$

$$\text{خ ا} + ٢\ \text{بو ا بد} \leftarrow \text{بو}_{٢}\text{خ ا}_{٢} + \text{بد}_{٢}\text{ا}$$

تسمى مثل هذه الأكاسيد بالأكاسيد الأمفوتيرية amphoteric oxides مثل أكاسيد الألومنيوم والأنتيمون والقصديروز وأول أكسيد الرصاص .

فوق الاكاسيد

هى الاكاسيد التى تحتوى على نسبة عالية من الأكسيجين ، وهى تنقسم إلى قسمين :—

فوق أكاسيد حقيقية وهى التى تعطى فوق أكسيد أيدروجين عند معاملتها بحامض مخفف مثل فوق أكسيد الباريوم وفوق أكسيد الصوديوم .

$$با_{٢} + بد_{٢} كب ا_{٤} \leftarrow با كب ا_{٤} + بد_{٢} ا_{٢}$$

$$ص_{٢} ا_{٢} + بد_{٢} كب ا_{٤} \leftarrow ص_{٢} كب ا_{٤} + بد_{٢} ا_{٢}$$

وفوق أكاسيد لا تنتج فوق أكسيد أيدروجين عند معاملتها بالأحماض المخففة بل تنتج أكسجيناً وملحاً مشتقاً من الاكسيد العادى (الذى يحتوى على نسبة أقل من الأكسجين) ومن أمثلتها ثانى أكسيد المنجنيز وفوق أكسيد الرصاص :—

$$٢ ر ا_{٢} + ٢ بد_{٢} كب ا_{٤} \leftarrow ٢ ر كب ا_{٤} + ٢ بد_{٢} ا + ا_{٢}$$

وإذا استعمل حامض الأيدروكلوريك المركز فيتكون كلور بدل الأكسجين :—

$$من ا_{٢} + ٤ بد كل \leftarrow من كل_{٢} + ٢ بد_{٢} ا + كل_{٢}$$

أكاسيد مركبة

هى التى تعمل كأنها مركبة من أكسيدين مثل أكسيد الرصاص الأحمر (ر_{٣} ا_{٤}) وأكسيد الحديد المغناطيسى (ح_{٣} ا_{٤}) .

فيعتبر أكسيد الرصاص الأحمر مثلا كأنه مكون من (ر ا) و (ر ا_{٢}) ويتبين ذلك من تفاعله مع حامض النتريك حيث يتكون نترات رصاص [ملح مشتق من (ر ا)] وفوق أكسيد الرصاص :—

$$ر_{٣} ا_{٤} + ٤ بد ن ا_{٣} \leftarrow ٢ ر (ن ا_{٣})_{٢} + ر ا_{٢} + ٢ بد_{٢} ا$$

تحضير الأكاسيد

تتلخص الطرق الاساسية لتحضير الأكاسيد فيما يأتى :ـ احتراق العنصر فى الهواء أو الأكسيجين مثل (ك ا$_{٢}$ ، فو$_{٣}$ ا$_{٥}$ ، مغ ا) ؛ احتراق العنصر فى بخار الماء مثل (مغ ا) ؛ تأثير بخار الماء على العنصر فى درجة الاحمرار مثل (ح$_{٣}$ ا$_{٤}$) ؛ تحلل الايدروكسيد بالتسخين مثل (مغ ا) : تحلل الكربونات بالتسخين مثل (كا ا) ؛ تحلل النترات بالتسخين مثل (كا ا ، خ ا) ؛ التأكسد بحامض النتريك مثل (ق ا$_{٢}$) ؛ اختزال الأكاسيد العالية مثل (ك ا) ؛ وتحلل أكسيد مركب مثل (ر$_{٣}$ ا$_{٢}$) من (ر$_{٣}$ ا$_{٤}$) .

الأحماض والقواعد والاملاح

الأحماض

لاحظ (لافوازيير ـ Lavoisier) سنة ١٧٧٧ أن الأكاسيد التى تنتج عند احتراق بعض العناصر كالكربون والكبريت والفوسفور فى الاكسجين تكون أحماضاً مع الماء . فاستنتج من ذلك أن الاكسيجين يدخل فى تركيب جميع الأحماض وأن خاصة الحموضة تنسب إليه واستبعدت هذه النظرية فيما بعد عند ما وجد أن بعض الأكاسيد مثل أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم تكون مع الماء قلويات ولا تكون أحماضاً وأن بعض الاحماض لا تحتوى على أكسيجين .

أثبت (برثلوت ـ Berthellot) فى سنة ١٧٨٧ أن حامض الايدروسيانيك (البروسيك prussic) يتركب من كربون ونتروجين وأيدروجين ، وبرهن (همفرى دافى ـ Hamphrey Davy) سنة ١٨١٠ — ١٨١١ أن حامض الأيدروكلوريك يتركب من أيدروجين وكلور ولا يحتوى على أكسيجين ،

وفى سنة ١٨١٣ أن حامض الأيدرويوديك يحتوى على أيدروجين ويود فقط وفى سنة ١٨١٥ أشار (دافى) بأنه من المحتمل أن الأيدروجين وليس الأكسيجين هو الذى يكسب الأحماض الخواص الحامضية .

أعطى للحامض تعاريف كثيرة ولكن معظمها ينطبق على بعض الأحماض دون أن ينطبق على البعض الآخر ، وأوفى تعريف للأحماض هو تعريفها من حيث النظرية الأيونية حيث يعرف الحامض بأنه مادة تنتج عند إذابتها فى الماء (أو فى مذيب يحدث تأيناً فى جزيئاتها) أيونات أيدروجين ولا تنتج أيونات موجبة أخرى غير الأيدروجين .

القواعد

القاعدة هى المادة التى تتفاعل مع الحامض وتكون ملحاً وماء فمثلا يتفاعل أكسيد الخارصين مع حامض الكبريتيك ويتكون كبريتات خارصين وماء : —

$$\text{خ ا} + \text{ بد}_2\text{ كب ا}_4 \longrightarrow \text{ خ كب ا}_4 + \text{ بد}_2\text{ ا}$$

ويتفاعل أيدروكسيد الصوديوم مع حامض الكبريتيك بتكوين كبريتات صوديوم وماء : —

$$2\text{ ص ا بد} + \text{ بد}_2\text{ كب ا}_4 \longrightarrow \text{ ص}_2\text{ كب ا}_4 + \text{ بد}_2\text{ ا}$$

وتشمل القواعد أكاسيد وأيدروكسيدات المعادن وبعض مجموعات من العناصر تعمل كأنها فلزات ، ولسهولة التعبير تدرج بعض مجموعات من العناصر مثل (ن بد$_4$) وأمين الأيدروكسيل hydroxylamine (ن بد$_2$ ا بد) وفوسفيد الأيدروجين (فو بد$_3$) . . . الخ ضمن القواعد ولو أنها تكون أملاحاً مع الأحماض بدون انفصال ماء ، فان الأمونيا وكلوريد الأيدروجين يتحدان بتكوين كلوريد أمونيوم : —

$$\text{ن بد}_3 + \text{ بد كل} \longrightarrow \text{ ن بد}_4\text{ كل}$$

كل قلوى قاعدة وليست كل قاعدة قلوى ، والقواعد القابلة للذوبان هى قلويات .

تمثل الرموز الآتيـــة تركيب أيدروكسيدات الصوديوم والرصاص والبزموت :

ص ا ﻫ ر (ا ﻫ)٢ بز (ا ﻫ)٣

ويفحص هذه الرموز يتضح أنه يوجد نوع من التشابه بينها وبين رموز الأحماض مثل الأيدروكلوريك والكبريتيك والفوسفوريك وذلك فى أن الأيدروكسيدات المذكورة تحتوى على مجموعة أو مجموعتين أو ثلاثة مجموعات من الأيدروكسيل على التوالى وأن الأحماض المشار اليها تحتوى على ذرة أو ذرتين أو ثلاثة ذرات من الأيدروجين على التوالى .

وكما أنه يمكن تحضير أملاح حامضية ومتعادلة باستبـــدال جزء أو كل أيدروجين الحامض القابل للاستبدال بقاعدة فيمكن أيضاً الحصول على أملاح قاعدية ومتعادلة باستبدال جزء أو جميع أيدروكسيل القاعدة بمجموعة حامضية [مثل (— ن ا٣) وهى المجموعة الحامضية لحامض النتريك] مثل :-

ر (ا ﻫ)٢ — أيدروكسيد رصاص

ر (ا ﻫ) ن ا٣ — نترات الرصاص القاعدية

ر (ن ا٣)٢ — نترات رصاص

ويطلق على عـدد مجموعات الأيدروكسيل التى يمكن استبدالها بحامض فى جزىء واحد من القاعدة الاصطلاح (حامضية القاعدة acidity of the base) فتعتبر مثلا أيدروكسيدات الصوديوم والرصاص والبزموت قواعد أحادية وثنائية وثلاثية الحامضية على التوالى . وتعرف القاعـــدة حسب النظرية الأيونية بأنها المادة التى تعطى عند إذابتها فى الماء (أو فى أى مذيب يحدث تأيناً فى جزيئاتها) أيونات ايدروكسيل ولا تنتج أيونات سالبة أخرى غير أيونات الأيدروكسيل .

الاملاح

يتكون الملح باستبدال جزء أو كل ايدروجين الحامض بمعدن أو بأصل قاعدى فمثلا يحل الخارصين محل ايدروجين حامض الكبريتيك : ـ

$$خ + بد_{٢} كب ا_{٤} \leftarrow خ كب ا_{٤} + بد_{٢}$$

وفى الأملاح العادية normal salts يستبدل جميع ايدروجين الحامض القابل للاستبدال بقاعدة ، مثل كبريتات الصوديوم (ص$_{٢}$ كب ا$_{٤}$) ، وفى الأملاح الحامضية تحل القاعدة محل جزء من ايدروجين الحامض الذى يمكن استبداله مثل كبريتات الصوديوم الحامضية (ص بد كب ا$_{٤}$) . وليس من الضرورى أن تستبدل جميع ذرات ايدروجين الحامض القابلة للاستبدال بعنصر واحد فمثلا :

بد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ ـــ حامض كبريتيك

ص بد كب ا$_{٤}$ ـــ كبريتات صوديوم حامضية (أيدروجينية)

ص$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ ـــ كبريتات صوديوم

ص بو كب ا$_{٤}$ ـــ كبريتات الصوديوم والبوتاسيوم

تسمى الأملاح الحامضية فى بعض الأحيان بالأملاح الأيدروجينية وقد يضاف لفظ ثانى bi or di لاسم الملح فتسمى كبريتات الصوديوم الحامضية مثلا كبريتات الصوديوم الأيدروجينية أو بيكبريتات الصوديوم . وتسمى الأملاح العادية أحيانا بالمتعادلة neutral salts باعتبار أن جميع ايدروجين الحامض عودل أو استبدل . وليس من الضرورى أن تكون هذه الأملاح متعادلة لعباد الشمس فمثلا تكون كبريتات الخارصين أو كبريتات النحاس ذات تأثير حامضى على عباد الشمس وتكون أملاح البوراكس ونتريت الصوديوم وكربونات الصوديوم العادية ذات تأثير قلوى .

تستعمل الألفاظ « أحادى » mono و « ثنائى » di و « ثلاثى » tri . . الخ

للتمييز بين أملاح الحامض الواحد عند ما يحتوى على جملة ذرات ايدروجين قابلة للاستبدال مثل : -

بد$_{٣}$ فو ا$_{٤}$ - حامض فوسفوريك

ص بد$_{٢}$ فو ا$_{٤}$ - فوسفات أحادية الصوديوم

ص$_{٢}$ بد فو ا$_{٤}$ - فوسفات ثنائية الصوديوم

ص$_{٣}$ فو ا$_{٤}$ - فوسفات ثلاثية الصوديوم

ويطلق اصطلاح « قاعدية الحامض » basicity of the acid على عدد ذرات الأيدروجين التى تكون قابلة للاستبدال بفلز (أو بأصل) فى جزىء واحد من الحامض فتكون أحماض الايدروكلوريك (بد كل) والخليك (ك$_{٢}$ بد$_{٤}$ ا$_{٢}$) احادية القاعدية ويكون حامض الكبريتيك (بد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$) ثنائى القاعدية وحامض الفوسفوريك (بد$_{٣}$ فو ا$_{٤}$) ثلاثى القاعدية وحامض السيليسيك (بد$_{٤}$ س ا$_{٤}$) رباعى القاعدية .

واما الأملاح القاعدية فان بعضها يتكون عند معاملة القاعدة بكمية من الحامض تكون غير كافية لتحويل كل القاعدة إلى ملح عادى : فمثلا عند معاملة جزىء من ايدروكسيد البزموت بجزىء من حامض النتريك تستبدل مجموعة ايدروكسيل بمجموعة (ن ا$_{٣}$) : -

بز (ا بد)$_{٣}$ + بد ن ا$_{٣}$ ← بز (ا بد)$_{٢}$ ن ا$_{٣}$ + بد$_{٢}$ ا

وتتكون بعض الأملاح القاعدية بمعاملة الملح العادى بالماء حيث يتحلل الملح تحليلا مائياً كما فى حالة نترات البزموت : -

بز (ن ا$_{٣}$)$_{٢}$ + ٢ بد$_{٢}$ ا ← بز (ا بد)$_{٢}$ ن ا$_{٣}$ + ٢ بد ن ا$_{٣}$

وتعتبر الأملاح القاعدية مركبات من الملح العادى مع القاعدة . فمثلا يرمز لكربونات الرصاص القاعدية (الرصاص الأبيض) بالرمز [٢ ر ك ا$_{٣}$ + ر (ا بد)$_{٢}$] وكبريتات الزئبقيك القاعدية بالرمز (ـ كب ا$_{٤}$ + ٢ ـ ا)

أشير فيما سبق أن محاليل بعض المواد توصل التيار الكهربائى بخلاف محاليل بعض المواد الأخرى ، وسميت الأولى « اليكتروليتات » والثانية « غير اليكتروليتات » ، وأشير إلى التغير الذى يحدث أثناء مرور التيار الكهربائى وهو « التحليل الكهربائى » إلى « أنيونات » و « كاتيونات » كما أنه أشير إلى أن جميع الأليكتروليتات عندما توجد فى المحلول تنقسم بدرجة كبيرة أو صغيرة إلى أنيونات وكاتيونات وهو أساس النظرية الأيونية . وبفحص المواد التى تتأين يتضح أنها تدخل جميعها فى مجموعة الأحماض والقواعد والأملاح . وبناء على ذلك يمكن تعريف كل من هذه المركبات كالآتى : ـ

(١) الحامض هو مادة تعطى أيونات ايدروجين فى محلولها المائى ، ويمثل هذا بالمعادلة الآتية : ـ

$$\text{بد ا} \rightleftarrows \text{بد}' + \text{ا}'$$

حيث يرمز (ا) للأصل الحامضى

(٢) وبالمثل تعرف القاعدة أو القلوى بأنها مادة تعطى أيونات ايدروكسيل فى محلولها ويمثل هذا أيضاً بالمعادلة الآتية : ـ

$$\text{ب ا بد} \rightleftarrows \text{ب}' + \text{ا بد}'$$

حيث يرمز (ب) للأصل القاعدى

ويمكن التوسع فى تعريف القاعدة بأنها المادة التى تتحد مع أيون الأيدروجين ، وعلى هذا الأساس لا يقتصر هذا التعريف على القلويات التى يمكن تمثيل عملها كالآتى : ـ

$$\text{ب ا بد} \rightleftarrows \text{ب}' + \text{ا بد}'$$

$$\text{ا بد}' + \text{بد}' \leftarrow \text{بد}_2\text{ا}$$

بل يشمل أيضاً أكاسيداً قاعدية مثل الليثارج (ﻣ ا) :

$$\text{ﻣ ا} + 2\,\text{بد}' \leftarrow \text{ﻣ}'' + \text{بد}_2\text{ا}$$

ومواد مثل الأمونيا :

$$\text{ن بد}_3 + \text{بد}' \rightarrow \text{ن بد}_4'$$

(٣) وأما الملح فهو مادة تعطى محلولا موصلا للكهرباء لا تقتصر أيوناته الموجبة على أيونات ايدروجين ولا تقتصر أيوناته السالبة على أيونات ايدروكسيل ، ويشمل هذا التعريف الأملاح العادية والحامضية والقاعدية ، مثل : —

$$\text{ص كل} \rightleftarrows \text{ص}' + \text{كل}'$$

$$\text{ص بد كب ا}_4 \rightleftarrows \text{ص}' + (\text{بد كب ا}_4)' \rightleftarrows$$

$$\text{ص}' + \text{بد}' + (\text{كب ا}_4)'$$

التأكسد والاختزال

يعرف التأكسد فى أبسط حالاته بأنه عملية تحدث عندما يضاف الأكسيجين إلى عنصر أو إلى مركب ما فى حالة اتحاد ، ومن أمثلته تسخين الكالسيوم فى الهواء بتكوين أكسيد كالسيوم أو تسخين أكسيد الباريوم فى الهواء فى حرارة مناسبة حيث يتحول إلى فوق اكسيد باريوم : —

$$2\,\text{با ا} + \text{ا}_2 \rightarrow 2\,\text{با ا}_2$$

وتسمى العملية العكسية أى سلب الأكسيجين من أحد مركباته بالاختزال ومن أمثلتها إمرار الايدروجين على اكسيد النحاس الساخن حيث يتحول إلى نحاس .

وأصبح بديهى بعد ذلك أن عملية سلب الأيدروجين من مركب يحتوى على هذا العنصر تماثل ظاهرة التأكسد كما أن عملية إضافة الايدروجين تماثل ظاهرة الاختزال .

وتبين فيما بعد أن هناك تفاعلات أخرى لا يدخل فيها الايدروجين أو الاكسيجين ولكنها تشبه كثيراً عمليات التأكسد والاختزال من حيث نسبة

الأكسيجين أو الايدروجين التى قد يحتوى عليها المركب ، فاتسع معنى التأكسد والاختزال لكى يشمل هذه التفاعلات أيضاً . ويوضح ذلك المثال الآتى : ـ

تشتق أملاح الحديدوز من اكسيد الحديدوز (ح ا) ، ويمكن اكسدة اكسيد الحديدوز بأكسيجين الهواء إلى اكسيد حديديك (ح$_{٢}$ ا$_{٣}$) ، وتشتق من هذا الأكسيد أملاح تسمى أملاح الحديديك . وبناء على ما تقدم فان التناسب بين أملاح الحديدوز والحديديك هو نفس التناسب بين أكسيد الحديدوز واكسيد الحديديك . وعندما يعرض محلول من كلوريد الحديدوز للهواء فانه يتأكسد بفعل الاكسيجين إلى ملح حديديك : ـ

$$١٢\ ح\ كل_{٢} + ٦\ بد_{٢}\ ا + ٣\ ا_{٢} \leftarrow ٨\ ح\ كل_{٣} + ٤\ ح\ (ا\ بد)_{٣}$$

وتعتبر هذه العملية حالة تأكسد واضحة ، ولكنه يمكن أيضاً تحويل كلوريد الحديدوز إلى كلوريد حديديك بمجرد تأثير الكلور وبدون استعمال الاكسيجين : ـ

$$٢\ ح\ كل_{٢} + كل_{٢} \leftarrow ٢\ ح\ كل_{٣}$$

وعلى ذلك فان تحويل ملح حديدوز إلى ملح حديديك مثلا يعتبر عملية تأكسد بالرغم من عدم استعمال الأكسيجين فيها .

وعلى نفس هذا القياس فان معنى الاختزال اتسع أيضاً لكى يشمل عمليات كهذه لا يدخل فيها الأيدروجين مثل تحويل كلوريد الزئبقيك إلى كلوريد زئبقوز : ـ

$$٢\ ـــ\ كل_{٢} + ق\ كل_{٢} \leftarrow ـــ_{٢}\ كل_{٢} + ق\ كل_{٤}$$

ففى هذا التفاعل حدث اختزال كلوريد الزئبقيك إلى كلوريد زئبقوز كما أنه حدث تأكسد كلوريد القصديروز إلى كلوريد قصديريك . وبصفة عامة فان عمليات التأكسد والاختزال عمليات متبادلة حيث تتأكسد إحدى المواد بينما تختزل الأخرى .

وعلى ذلك فان اصطلاح « التأكسد » يتضمن كل عملية تحويل مركب يمثل

حالة اتحاد بالاكسيجين منخفضة إلى مركب يمثل حالة اتحاد بالأكسيجين أكثر ارتفاعا كما أشير إلى ذلك فى المثال المذكور حيث تحول كلوريد الحديدوز (وهو يمثل حالة اتحاد بالاكسيجين تساوى ذرة أكسيجين لكل ذرة حديد) إلى كلوريد حديديك (وهو يمثل حالة اتحاد بالاكسيجين تساوى ذرتين من الحديد لكل ٣ ذرات من الاكسيجين) . ويجرى التأكسد إما بإضافة أكسيجين أو بإضافة ذرة (أو أصل radical) ذات شحنة سالبة ، أو بسلب ايدروجين أو سلب ذرة (أو أصل) موجبة الشحنة . والاختزال عكس التأكسد .

ومن حيث النظرية الأيونية يعتبر التأكسد والاختزال مجرد انتقال شحنات كهربائية فان تحويل كلوريد الحديدوز إلى كلوريد حديديك مثلا يعبر عنه بالكيفية الآتية (من حيث الأيونات) : -

$$٢\,ح^{++} + ٤\,كل^{-} + كل_٢ \longrightarrow ٢\,ح^{+++} + ٦\,كل^{-}$$

وبحذف المشترك من طرفى المعادلة ينتج :

$$٢\,ح^{++} + كل_٢ = ٢\,ح^{+++} + ٢\,كل^{-}$$

أى أن كل أيون حديدوز يفقد شحنة سالبة (اليكترون) واحدة ويصبح ايون حديديك بينما تكتسب كل ذرة من جزىء الكلور شحنة سالبة (اليكترون) واحدة .

ويمثل اختزال كلوريد الزئبقيك على صورة ايونات بالمعادلة الآتية :

$$٢\,ـــ^{-} + ق^{++} = ـــ_٢^{--} + ق$$

وعلى ذلك فالاختزال هو الحالة التى تقل فيها عدد الشحنات الموجبة على الايون والتأكسد هو زيادتها .

العامل المؤكسد هو المادة التى يمكنها ان تحدث تأكسداً حسب التعريف السابق والعامل المختزل هو العكس .

العوامل المؤكسدة

من أهم عوامل التأكسد : ـ الأكسيجين ، الأوزون ، فوق الأكاسيد ، الأحماض الأكسيجينية (النتريك ، النتروز ، الكروميك ، الكلوريك ، الأحماض الأكسيجينية للهالوجينات) وأملاحها ، الهالوجينات (الكلور ، البروم ، اليود) ، حامض فوق المنجانيك وأملاحه . . الخ

العوامل المختزلة

من أهم عوامل الاختزال : ـ الأيدروجين ، كبريتيد الأيدروجين ، حامض الأيدرويوديك ، الفوسفين ، الأرسين ، الكربون ، أول اكسيد الكربون ، ثانى اكسيد الكبريت والكبريتيتات ، حامض الفوسفوروز وأملاحه ؛ حامض تحت الفوسفوروز وأملاحه ، أملاح الحديدوز والقصديروز والكروموز ، معادن الصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم . . . الخ

الاوزون

$$\text{ا}_{\text{٣}} = ٤٨$$

تاريخه

لاحظ (فان مارم - Van Marum) (سنة ١٧٨٥) رائحة خاصة للهواء عندما تمرر فيه شرارات كهربائية تشبه رائحة الفوسفور وأنه يصبح قادراً على التأثير على الزئبق ، وبين (شونباين - Schoenbein) (سنة ١٨٤٠) أن هذه الرائحة ترجع إلى تكوين مادة خاصة سماها أوزون ، وأثبت (فريمي وبيكريل - Fermy & Becquerel) أن الأوزون ما هو إلا حالة تآصلية للاكسيجين .

وجوده

يوجد الأوزون بكمية أثرية فى الجو خصوصاً بقرب البحر ، ودل التحليل الطيفى على وجود الأوزون فى الطبقات الجوية العليا ، حيث يتكون من تأثير أشعة الشمس فوق البنفسجية على الأكسيجين ، لا تزيد نسبة الأوزون فى الهواء عن ١ : ١٠^{٧} .

يتكون الأوزون بكمية قليلة فى الأكسيجين المحضر بالتحليل الكهربائى ، ومن تأثير غاز الفلور على الماء ، ومن معاملة فوق اكسيد الباريوم بحامض الكبريتيك المركز . وتكون بعض عمليات التأكسد التى تحدث على حرارة منخفضة كمية قليلة من الأوزون : كالتأكسد البطىء للفوسفور فى الهواء الرطب ، واحتراق الايدروجين فى الهواء المسال .

تحضيره

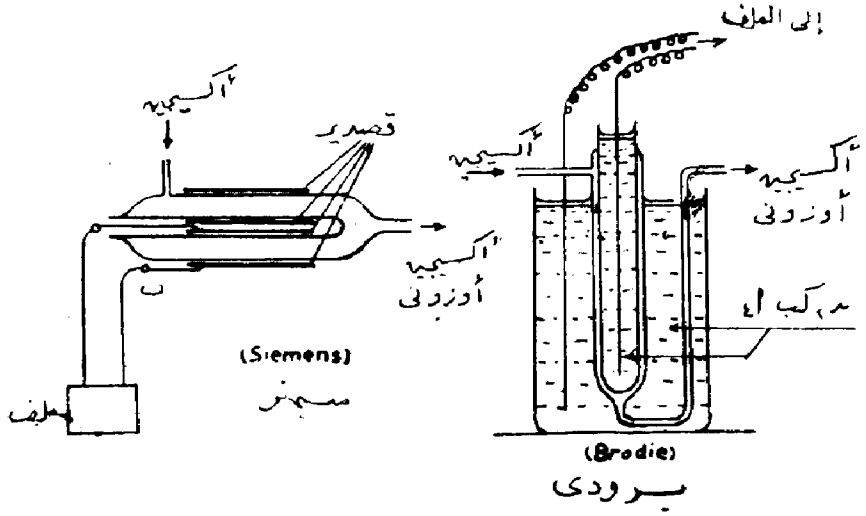
يقتصر على تحضير هواء أوزونى أو اكسيجين أوزونى (أى به نسبة من الأوزون) ، وذلك بتعريض الهواء أو الأكسيجين الجاف لتأثير التفريغ الكهربائى الصامت silent electric discharge . توجد أجهزة متنوعة لتحضير الأوزون ، منها جهاز (و . فون سيمنز - W. Von Siemens) وهو

يتكون من أنبوبتين إحداها بداخل الأخرى كما فى (شكل ١٤) ، ويكسو السطح الداخلى للأنبوبة الداخليـــة صفيحة من القصدير متصلة بالسلك (ا) كما أن السطح الخارجى للانبوبة الخارجية تكسوه أيضا صفيحة من القصدير متصلة بالسلك (ب) . يوصل السلكان (ا ، ب) بملف كهربائى ويمرر تيار بطىء من الاكسيجين الجاف فى الفراغ الحلقى بين الأنبوبتين حيث يتعرض لتأثير التفريغ الكهربائى الصامت فيتحول جزء منه إلى أوزون ، فيخرج من الجهاز غاز به نسبة من الاوزون تتراوح بين ٣ ، ٨ ٪ .

$$٣\,أ_{٢} \rightleftarrows ٢\,أ_{٣}$$

وفى جهاز (برودى - Brodie) أو (برتلوه - Berthelot) يستعاض عن صفائح القصدير بمحلول من حامض الكبريتيك (شكل ١٤) .

وتكون كمية الأوزون المتكونة أكبر كلما كانت درجة الحرارة منخفضة لأن التفاعل يسير فى الاتجاه (←) فى حرارة مرتفعة .



(شكل ١٤)

ومن وقت استعمال الأوزون بكثرة فى الصناعة عملت أجهزة قوية لتحضيره يستعمل فيها التيار الكهربائى المتغير alternative current

خواص الاوزون

غاز يظهر عديم اللون على سمك ضعيف ، ولكنه يكون مائلا للزرقة على سمك كبير ، ويظهر اللون الازرق بوضوح عند ضغط الغاز . وللأوزون رائحة قوية مميزة تشبه رائحة الفوسفور عندما يتأكسد فى الهواء الرطب . كثافته ١,٦٥٨ ، يذوب فى الماء بقلة إنما بنسبة أكبر من الاكسيجين ، يذوب فى حامض الخليك الثلجى وفى رابع كلوريد الكربون بنسبة اكبر من ذوبانه فى الماء ، وتكون محاليله زرقاء اللون . تمتص بعض الزيوت العطرية الاوزون كعطر التربنتين وزيت القرفة فتكتسب خواصه المؤكسدة . درجة غليانه - ١١٢,٤° ، وبتبريد السائل تتكون بلورات من الاوزون ذات لون بنفسجى مسود تنصهر على درجة - ٢٤٩,٠° .

يتحلل الاوزون تدريجياً على الحرارة الاعتيادية ، وتزداد سرعة التحلل بارتفاع الحرارة كما تزداد ايضاً فى وجود الرطوبة أو اكاسيد النتروجين أو خامس اكسيد الفوسفور . ومن المواد التى تساعد على تحلل الاوزون بفعل الملامسة : الفضة ، والبلاتين، والبلاديوم، وأكاسيد المنجنيز، والكوبلت والحديد ، والرصاص ، ومسحوق الزجاج .

والأوزون من أهم عوامل التأكسد المعروفة ، وخصوصاً فى وجود الرطوبة . وبخلاف تفاعلات التأكسد المختلفة التى يمكن إحداثها بواسطة الأكسيجين، فان الأوزون يؤكسد بعض المواد التى لا يؤثر فيها ذلك العنصر :-

(ا) يؤكسد الزئبق والفضة على الدرجة الاعتيادية .

لأكسدة الفضة بالأوزون يلزم ألا يكون سطح المعدن أملس تماماً ، فيحسن تسخينه ثم تعريضه وهو دافىء للأوزون .

$$٢\,ف + ا_٣ \longleftarrow ف_٢ ا + ا_٢$$

(وقد يحدث بعد ذلك : $ف_٢ ا + ا_٣ \longleftarrow ٢\,ف + ٢\,ا_٢$)

(ب) يحل الأوزون محل الكلور والبروم واليود فى مركبات هذه العناصر مع الأيدروجين أو مع المعادن ؛ فاذا مرر الأكسيجين الأوزونى فى محلول حامض الأيدروكلوريك ينفرد الكلور ، ويمكن إثبات وجوده بواسطة ورقة من الذهب فتذوب . ويحلل يوديد البوتاسيوم : -

$$٢\ \text{بو ى} + \text{ند}_{٢}\ \text{ا} + \text{ا}_{٣} \longrightarrow ٢\ \text{بو ا ند} + ٢\ \text{ى} + \text{ا}_{٢}$$ (١)

وإذا كانت كمية الأوزون كافية فيتأكسد اليود المتكون : -

$$\text{ى}_{٢} + \text{ند}_{٢}\ \text{ا} + ٥\ \text{ا}_{٣} \longrightarrow ٢\ \text{ند ى ا}_{٣} + ٥\ \text{ا}_{٢}$$ (حامض يوديك وأكسيجين) .

(ويكون حامض اليوديك مع البوتاسة الكاوية ، يودات بوتاسيوم) .

(ج) يؤكسد كبريتيد الأيدروجين وحامض الفوسفوروز وحامض الزرنيخوز إلى حامض كبريتيك ، وحامض فوسفوريك وحامض زرنيخيك.

(د) يؤكسد الأمونيا فيكون معها نتريت ونترات أمونيوم .

(هـ) تتأكسد المواد العضوية بسرعة عند معاملتها بالأوزون ، فيقصر لون عباد الشمس والنيلة . ويتلف المطاط (ولذا لا تستعمل سدادات من المطاط فى أجهزة الأوزون) .

[محلول الأوزون يحمر ورقة عباد الشمس الزرقاء ؛ ويظن أنه يتكون فى المحلول حامض أوزونيك ($\text{ند}_{٢}\ \text{ا}_{٤}$)] .

مميزه الجزيئى :

الاوزون عبارة عن حالة تآصلية للأكسيجين وعملت تجارب عديدة لتعيين تكوين الاوزون (Sorel, Andrews & Tait, Fermy & Becquerel) استنتج منها : -

(ا) يتبع تحول الأكسيجين إلى أوزون انكماش فى الحجم .

(١) وتوجد مواد أخرى قادرة على أكسدة يوديد البوتاسيوم وهى : فوق اكسيد الايدروجين ، الهالوجينات ، ($\text{ن}_{٢}\ \text{ا}_{٣}$) ، ($\text{ن ا}_{٢}$) ، ($\text{ن}_{٢}\ \text{ا}_{٤}$)

(ب) يتبع تحلل الأوزون بالحرارة ازدياد فى الحجم يساوى تماما مقدار الانكماش الذى حدث عند تكوينه .

(حـ) لا يشاهد فى عمليات التأكسد التى تجرى بواسطة الاكسيجين الاوزونى أى تغير فى حجم الغاز .

بمراجعة تفاعلات التأكسد المختلفة بواسطة الاوزون يلاحظ أنه يتكون من التفاعل جزىء أكسيجين من كل جزىء أوزون استعمل . ما عدا فى التفاعلين الآتيين حيث يعمل جزىء الاوزون بأكمله فى التأكسد :

$$٣\ كب\ ا_{٢} + ا_{٣} \leftarrow ٣\ كب\ ا_{٣}$$

$$٣\ ق\ كل_{٢} + ٦\ ند\ كل + ا_{٣} \leftarrow ٣\ ق\ كل_{٤} + ٣\ ند_{٢}\ ا$$

(د) عند تحويل حجم (ع) من الاكسيجين إلى أكسيجين أوزونى ، يحدث انكماش فى الحجم يساوى (حـ) ، فيكون حجم الاكسيجين الاوزونى (ع — حـ) ؛ وبمعاملة هذا الغاز بزيت القرفة (مادة تمتص الاوزون) ، يقل حجم الاكسيجين الاوزونى (ع — ٣ حـ) .

فاعتبر بناء على ذلك أن جزىء الاوزون مكون من ثلاث ذرات أكسيجين (ا) ، ذرة واحدة منها فعالة ؛ ولذلك لا يتغير الحجم الكلى للغاز بعد استعماله فى التأكسد لانه يتكون جزىء أكسيجين من كل جزىء أوزون بعد انفصال الذرة الفعالة التى تستعمل فى التأكسد .

وأثبت (سوريه ـ Soret) بمقارنة سرعة انتشار الأوزون بسرعة انتشار بعض الغازات الأخرى ذات تركيب جزيئى وكثافة معلومين بأن كثافة الأوزون تساوى مرة ونصف الأكسيجين ، فيكون جزىء الاوزون (ا).

وأثبت سوريه أيضاً أن نسبة سرعة انتشار غاز الاوزون إلى سرعة انتشار غاز الكلور = $\frac{٦}{٥}$

ومن قانون (جراهام ـ Graham) لانتشار الغازات الذى يشير بأن سرعة انتشار الغازات تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعى لكثافاتها البخارية ، يتضح أن:

$$\frac{٦}{٥} = \frac{١}{\sqrt{\text{كثافة الاوزون}}} : \frac{١}{\sqrt{\text{كثافة الكلور}}}$$

حيث △ رمز للكثافة البخارية

$$\therefore \frac{٦}{٥} = \frac{\sqrt{٣٥,٥}}{\sqrt{\triangle \text{الاوزون}}}$$

$$\therefore \frac{٣٦}{٢٥} = \frac{٣٥,٥}{\triangle_{1} \text{ الاوزون}}$$

$$\therefore \text{الكثافة البخارية للاوزون} = \frac{٣٥,٥ \times ٢٥}{٣٦} = ٢٤,٦$$

$$\therefore \text{الوزن الجزيئى للاوزون} = ٤٩,٢$$

$$\therefore \text{عدد ذرات الاكسيجين فى جزىء أوزون} = \frac{٤٩,٢}{١٦} = ٣$$

∴ الرمز الجزيئى للاوزون هو O_3

كشفه :

يعرف الأوزون برائحته المميزة والتى تكون محسوسة عند ما لا تقل نسبته فى الجو عن ١ : ٥٠٠٠٠٠٠ . وهو يزرق الورق المبلل بيوديد البوتاسيوم ثم بمحلول النشاء ؛ ويشترك الكلور وأكاسيد النتروجين معه فى هذه الخاصة ، ولذا يعرض للغاز بعد ذلك ورقة مبللة بيوديد البوتاسيوم + محلول عباد الشمس الأحمر (أو فينول فثالين) ؛ فان الكلور وأكاسيد النتروجين لا تؤثر عليها بينما يتكون مع الأوزون بوتاسة كاوية تزرق عباد الشمس (أو تحمر الفينول فثالين) يستعمل لكشف الأوزون أيضاً ورق مبلل بأول اكسيد التاليوم فيصير لونه بنى (ولكن الكلور والبروم واكاسيد النتروجين تعمل مثله) .

استعماله

يستعمل الأوزون فى تبييض أليـاف النسيج وتبييض الشمع ، وفى تحضير بعض المركبات العضوية كمؤكسد ، وعلى الأخص كمطهر للهواء (فى الطرق تحت الأرض) وللماء (يطهر بالأوزون حوالى ٢٤ مليون جالون ماء فى باريس يومياً) .