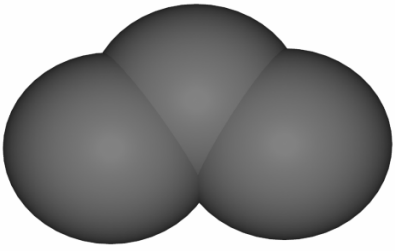
الباب الثاني

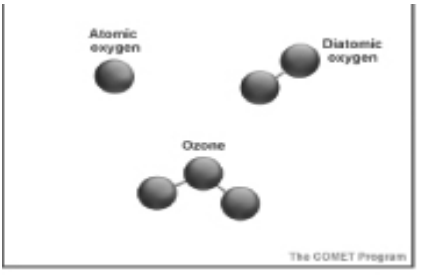
كيمياء غاز الأوزون

كان العلماء على يقين – إلى حد ما، قبل اكتشاف الثقب – من أنهم توصلوا إلى فهم العمليات الكيميائية التي تجرى فيطبقة الأوزون،فجزيئات الأكسجين (أ٢) الموجودة بوفرة في الغلاف الجوي(٢٠%) تتفكك لذرات حرة بفعل الأشعة فوق البنفسجية وتتحد مرة أخرى هذه الذرات الأكسجينية مع جزء من الأكسجين مكون جزيئ الأوزون (أ٣). وتسمى هذه العملية بعملية بناء جزيئات الأوزون أو عملية البناء الكيموضوئى بفعل الأشعة فوق البنفسجية. والأوزون ذات كثافة ٢,٥ ضعف كثافة جزيء الأكسجين (أ٢). وهو مركب غير ثابت ويسهل على جزيء الأوزون أن يفقد ذرة أكسجين ويؤكسد أى مركب آخر ويتحول إلى جزيء الأكسجين (انظر إلى الأشكال المرفقة).

جزيء أكسجين (أ٢) ⟵ أشعة فوق البنفسجية (أ) + (أ) ذرتين من الأكسجين النشط

جزيء أكسجين أ٢ + ذرة أكسجين ⟵ نشط (أ) أشعة فوق البنفسجية جزيء أوزون(أ٣)





شكل يوضح تركيب جزيء الأوزن

وأثناء عمليات تكوين جزيئات الأوزون يتم امتصاص الأشعة فوق البنفسجية "٢٤٠ نانوميتر" التي تضر بالحياة إذ هى نفذت إلى سطح الأرض فهو تفاعل يحتاج لطاقة كبيرة. وكذا أثناء تفاعلات التحطم الجزئي للأوزون طبيعيا لمكوناته الأساسية من ذرة أكسجين (أ) وجزىء أكسجين (أ٢) حسب المعادلة الكيميائية السابقة. وتفاعلات التحطم لجزيئات الأوزون تحتاج لطاقة أقل أى تمتص الأشعة ذات أطوال موجية أطول نسبيا ما تستخدم في عملية البنائ. وفي الظروف الطبيعية فإن إجمالى عملية الهدم والبناء الكيموضوئية لجزئي الأوزون ثابتة مما يعنى ثبات كمية الأوزون في طبقة الستراتوسفير. وتفاعلات الإنتاج والتحطم لجزىء الأوزون في وجود الأشعة فوق البنفسجية أطلق عليها اسم مكتشفها "تفعلات شيمان". ومن حكمة الله أن حدوث البرق نتيجة الشحنات الكهربية التي في السحب يلعب دورا في تجديد الأوزون. ولكن يتدخل الإنسان حيث يطلق ملوثاته الغازية الناتجة عن تكنولوجياته إلى أعنة الهواء يحدث اضطراب في هذا التوازن لصالح تفاعلات الهدم فيقل تركيز غاز الأوزون وهذا ما سنتناوله بشىء من التفصيل في السطور القادمة.

(ما ترى في خلقى الرحمان من تفاوت) (سورة الملك/٣)

قصة اكتشاف ثقب الأوزون

ويعتبر العالم "ماتينوس فان ماركوس" أول من اكتشف وحضر الأوزون عام ١٧٥٨، ثم حضره "كريستيان سشونين" عام ١٨٦٠ وأطلق عليه "الأوزون". وفي عام ١٨٣٩ تم اكتشاف عاز الأوزون بواسطة العالم الألمانى "كريستين فردريش". وفي بداية عام ١٨٨٠ اكتشف العالم "هارتلى" أن غاز الأوزون في جو الأرض شره لامتصاص الأشعة فوق البنفسجية الحارقة والقاتلة للكائنات الحية.

اكتشف كل من شارل فابرى(Charles Fabry) وهنرى بويسون (Henri Busson) طبقة الأوزون في ١٩١٣ وتمت معرفة التفاصيل عنها من خلال.

ب.دبسون (B.Dobson) الذي قام بتطوير جهاز لقياس الأوزون الموجود في طبقة الستراتوسفير من سطح الأرض. وفي عام ١٩٢٠ تمكن العالمان "فابرى وبيسون" من قياس الكمية الكلية لغز الأوزون في عمود من الهواء الجوي ارتفاعه يصل إلى ١٠٠٠ كيلو متر، ومساحة مقطه واحد سنتيمتر مربع. وفي عام ١٩٢٩ استطاع العالم "جونز" معرفة التوزيع الرأسى لغاز الأوزون في الجو. وتلا ذلك العالم "دوبسون" الذي صمم جهاز أطلق عليه اسمه لمعرفة الكمية الكلية لغاز الأوزون. وكلمة الأوزون مشتقة من كلمة يونانية "Qzein" تعني باللغة العربية "يشم" لأنه يمتاز برائحة نفاذة قابضة ولون أزرق. وعند درجة حرارة -١١٢م يتحول لسائل أزرق قاتم. وبين سنة ١٩٢٨و ١٩٥٨ قام دوبسون بعمل شبكة عالمية لمراقبة الأوزون والتي مازالت تعمل حتى وقتنا هذا. وحدة قياس دوبسون، هى وحدة لقياس مجموع الأوزون في العامود. تم تسميتها تكريماله.

وتم اكتشاف ثقب الأوزون في القطب الجنوبى عند "خليج هالى" باستخدام جهاز "دوبسون" للتحليل الضوئى في الفترة من ١٩٨١ إلى ١٩٨٣. وفي عام ١٩٨٥ نشر في مجلة "ناتشر" العلمية فريق من العلماء البريطانيين نتائج أذهلت كيميائى الجو في العالم، فلقد جاء في تقرير "لجوزيف فارمان" بالمساحة الميتوريولوجية البريطانية وزملائه أن تركيز الأوزون في طبقة الستراتوسفير فوق القارة القطبية الجنوبية هبط بمقدار أكثر من ٤% عن مستويات الموجودة في الستينات من هذا القرن. وكانت القياسات التي أخذت عام ١٩٧٨ بواسطة جهاز سبكترومتر Spectrometer (والمبث على متن القمر الصناعى "نيمبوس ٧" والذي تتولى الإدارة الوطنية لشئون الملاحة والفضاء في أمريكا "ناسا" بتشغيله) لم تحلل بعد، ولكن برسم خريطة الأوزون الكلى ظهر وجود ثقب عند القطب الجنوبى وكذا الشمالى وكن بنسبة أقل، وهى تؤطد النتائج المنشورة ذاتها. وباتت الأسئلة تتدفق وتبحث عن إجابات، مثل ما العمليات التي أدت لحدوث هذا الثقب؟ وما المعدلات الحالية والمستقبلية؟ وما التأثيرات المباشرة وغير ماشرة في

وحدة الحياة وهى الخلية؟ وسماكة الأوزون هى الكمية الإجمالية في عامود رأسى من الهواء وهى تختلف لأسباب كثيرة، حيث تكون أقل عند خط الإستواء وأكبر مع المرور عند القطبين وهى تختلف أيضا في المواسن، حيث تكون أكثر سماكة في فصل الربيع واقل سماكة في فصل الخريف. والأسباب لذلك معقدة، يتضمن ذلك دورة الغلاف الجوي وقوة الشمس.

طبقة الأوزون أكثر ارتفاعا عند خط الإستواء وأقل انخفاضا عند الابتعاد عن خط الاستواؤ، خصوصا عند منطقة القطبين. تنوع الارتفاع في الأوزون سببه بطء دورة الهواؤ التي ترفع الأوزون من طبقة التربوسفير إلى الستراتوسفير. كلما ابتعدنا عن خط الإستواء زادت سماكة الأوزون باتجاه القطبين، بشكل عان كمية الأوزون الموجودة في القطب الشمالى أكثر منها في الجنوبى. بالإضافة إلى ذلك، تكون سماكة الأوزون في القطب الشمالى أكبر في فصل الربيع (مارس-أبريل) منها في القطب الجنوبى بينما تكون في القطب الجنوبى أكبر في فصل الخريف (سبتمبر – أكتوبر) منها في القطب الشمالى في الفترة ذاتها. في الواقع أكبر كميات الأوزون في جميع أنحاء العالم توجد في القطب الشمالى خلال فترة الربيع وفي خلال الفترة نفسها تكون أقل كميات الأوزون في جميع أنحاء العالم توجد في القطب الجنوبى خلال فترة الربيع بالقطب الجنوبى بشهرى سبتمبر وأكتوبر وذلك بسبب ظاهرة ثقب الأوزون.

وسعيا وراء جمع الإجابات لهذه الأسئلة انطلق فريق من العلماء بقيادة كيميائية الجو "سوزان سولومون" بالإدارة الوطنية لشئون المحيطات والجو "ببولدر كولورادو" إلى القارة القطبية الجنوبية عام ١٩٨٦ في أول بعثة علمية لدراسة كيمياء طبقة الأوزون. وبحلول عام ١٩٨٧ كان الفريق وفرق بحثية أخرى قد عرفوا أن الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية قد تقلص بما يزيد على ٥٠% من القيم المسجلة في أكتوبر من عام ١٩٧٩ (منذ تشغيل أول قمر صناعى) وأن الاستنفاذ وصل في قمته إلى ٩٥ % فيما

بين الارتفاعين ١٥ و ٢٠ كيلومترا، وفي عام ١٩٨٨ كانت درجات الحرارة (التي تؤثر في العمليات التي تجرى في الستراتوسفير) الطف منها في عام ١٩٨٧، وهبط الأوزون في أكتوبر بنحو ١٥% عن قيم ١٩٧٩ ولكن في عام١٩٨٩ انخفضت درجات الحرارة مرة أخرى فضاهت مستويات الأوزون الاستنفاذ الشديد الذي حدث عام ١٩٨٧، ويجب أن نشير بل ونؤكد أنه لا يوجد ثقب بالمعنى المعروف في طبقة الأوزون، ولكن نتيجة انخفاض تركيز الغاز يحدث ترقق لسمك طبقة الأوزون ولقد تناقلته الصحافة فيما بعد بكلمة الثقب.

فاز "شيرودر رولاند" و"ماريو مولينا" و "بول كروتزن" بجائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٩٥ن على أبحاثهم عن مخاطر تآكل طبقة الأوزون التي أجروها في السبعينات.

هل الأوزون مفيد أم له تأثير ضار؟

وهذا السؤال في اعتقادى جيد، لأن أكثر الكلام والتحدث والمناقشة تتم في اتجاه أن الأوزون هو درع الله الواقى للبشرية، ويجب أن نعلم ما خلق الله فهو في صالح البشرية حتى إن كانت نتائجه غير مستحبة لبنى البشر. وللإجابة عن هذا السؤال يجب أن نذكر أولا أن الأوزون منه المفيد ومنه الضار، فالأوزون المتركز في طبقة الستراتوسفير يعمل كدرع واق للحياة بصفة عامة حيث يعمل كدرع ضد الإشعاعات الضارة القصيرة جدا في طول الموجة والعالية الطاقة التي يمكن أن تمتصها الأحماض النووية المكونة للكروموسومات للكائنات الحية والتي تعنى هلاك كل شيء حى.

كما أنه يوجد الأوزون الذي يتكون في التروبوسفير الأقرب إلى الارض وهو موجود بصفة طبيعية ولكن بتركيزات قليلة جدا خلقه الله بمقدار لخدمة الإنسان ولكن يوجد جزء منه غير طبيعى المنشأ، فلقد سجل تركيزه ارتفاعا ملحوظا في الآونة الأخيرة عما قدره الله حيث إنه ينتج من سلسلة تفاعلات كيميائية تشمل الانبعاثات من المواد الهيدروكربونية وأكاسيد النيتروجين من السيارات والأنشطة الصناعية المختلفة. كما أن

غاز الأوزون في طبقة التربوسفير يعمل كغاز حابس للحرارة (ما يسمى بظاهرة الصوبة) بالإضافة إلى تأثيراته الضارة بصحة الإنسان في التنفس والجهاز التنفسى، والكائنات الحية ككل عندما ترتفع تركيزاته. ولقد أرجع إليه حدوث تغيرات في النمو للنباتات المختلفة وانخفاض معدل الإنبات ودرجة النمو وانخفاض انتاج المحاصيل في بعض الولايات الأمريكية وبعض المناطق في كندا. وتشير أصابع الاتهام للأوزون القريب من سطح الأرض إلى أنه سيكون البطل الأول في الجاعات المقبلة والمعتقد أنها ستحدث في الخمسين سنة المقبل. ولقد ثبت أنه يتفاعل مع بعض نواتج أكاسيد النيتروجين مكونة الضباب الدخانى smong.

وقد يتحد مع أكاسيد الكبريت لتنتج مركبات شديدة السمية وذات تأثيرات قد تسبب هلاك الحرث والنسل وعلى ذلك فإن الأوزون يقوم بدورين مختلفين تماما في التغير البيئى العالمى: أحدهما في طبقة الستراتوسفير كدرع ضد الإشعاع فوق البنفسجى الضار، والآخر في التربوسفير الأقرب إلى الأر كغاز ملوث وحابس للحراة.

وإن ثقب الأوزون بالقارة القطبية الجنوبية ليبدو أقل شؤما على معظم العالم بزيادة فهم العلماء له، مما بدأ في بادئ الأمر. ومع هذا فإن الثقب آخذا في الانتشار فوق خطوط العرض المتوسطة بنصفة الكرة الجنوبى، فيعتقد مما هو متاح من نتائج بأنه عندما تنهار الدوامة القطبية الجنوبية في أواخر الربيع، تنتقل رياح الهواء القطبى المستنفذ الأوزون به إلى خطوط العرض الأدنى. وإن قيم الأوزون المنخفضة التي سجلت رقما قياسيا فوق القارة القطبية الجنوبية في أكتور عام ١٩٨٧، قد تبعها مستويات سجلت أرقاما قياسية أيضا في انخفاضها فوق استراليا ونيوزيلندا في ديسمبر من العام ذاته عندما بدأ الصيف في نصف الكرة الجنوبى. وهذا ولم ينتشر الثقب في أغلب الأحوال خارج نطاق القارة القطبية الجنوبية والمنطقة التي تليها من نصف الكرة الجنوبى نظرا لأنه مقيد بالفصول وبدرجات الحرارة اللازمة لتكوين السحب الستراتوسفرية القطبية المحمل

بالجليد. وفي صفحة ١٢٤ رسم يوضح تطور اتساع ثقب الأوزون ويلاحظ أن الثقب خرج من نطاق القطب الجنوبى في بداية عام ١٩٩٠ حيث بلغ حجم الثقب ٢١مليون كيلومتر مربع ليصل إى ٢٧,٥ مليون كيلو متر مربع في عام ١٩٩٨.