

الباب العاشر

عناصر المجموعة الثامنة

الباب العاشر

" عناصر المجموعة الثامنة "

الصفات العامة للمجموعة :

وهي تشمل عناصر غازات الهيليوم والنيون والأرجون والكربون والزينون والرادون ، وهي تكون مجموعة الصفر في الجدول الدوري . ويصفها البعض بكونها المجموعة الثامنة المكتملة لمجموعات عناصر الجدول الدوري . وجميع جزيئات هذه العناصر أحادية الذرة ، وباستثناء الهيليوم الذي يمتلك التركيب الإلكتروني $1S^2$ ، فجميعها تحتوي علي المدارات np مكتملة الاشباع الإلكتروني . ولهذا السبب كان يطلق عليها اسم " الغازات الخاملة " للاعتقاد الذي كان سائداً آنذاك بانها عديمة الفعالية الكيميائية .

وبالرغم من تولد أدلة كافية علي تكون مركبات أو أيونات ذات وجود عابر مثل He^+ ، HeH^+ في أنابيب التفريغ الكهربائي الا أن جهود تأين هذه العناصر مرتفعة جداً مما يزيد من صعوبة احتمال تكوينها لمركبات أيونية . كما أن اشتراك بعض هذه العناصر في تكوين مركبات قفسية $Clathrates$ لانسيبية $Non-stoicheometric$ مع جزيئات أخرى عن طريق اختفائها في فجوات هذه الجزيئات لا يعني أنها تشترك معها في ارتباط كيميائي بالمعني المفهوم . ومنذ عام 1962 وهو بداية تحضير أول مركب كيميائي لغاز نادر وهو $XePtF_6$ الذي تبعه تحضير مركبات أخرى ، صار يطلق عليها اسم الغازات النادرة .

ويبين الجدول التالي بعض الصفات العامة لهذه العناصر :

بعض الصفات العامة للغازات النادرة

| الرادون | الزينون | الكربتون | الأرجون | النيون | الهيليوم | |
|-------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|
| 86 | 54 | | 18 | 10 | 2 | العدد الذري |
| 222 | 131.3 | 83.7 | 39.91 | 20.2 | 4 | الوزن الذري |
| $6S^2 6P^6$ | $5S^2 5P^6$ | $4S^2 4P^6$ | $3S^2 3P^6$ | $2S^2 2P^6$ | $1S^2$ | التركيب الإلكتروني لمدار التكافؤ |
| - | 2.17 | 1.97 | 1.92 | 1.60 | - | نصف قطر الذرة (A) |
| 71- | 112- | 157- | 189.3- | 248.6- | 272.2- | درجة الانصهار (ملوية) |
| 61.8- | 107.1- | 152.9- | 185.8- | 245.9- | 268.9- | درجة الغليان (ملوية) |
| 10.8 | 12.1 | 14.0 | 15.8 | 21.6 | 24.6 | جهد التلين الأول |
| 4.30 | 3.27 | 2.31 | 1.50 | 0.44 | 0.02 | حرارة التبخر (كيلو سعر/مول) |
| 9.97 | 5.90 | 3.74 | 1.79 | 0.90 | 0.18 | كثافة السائل (جم / سم ³) |
| - | 8×10^{-6} | 1×10^{-4} | 0.94 | 2×10^{-3} | 5×10^{-4} | نسبة وجوده في الجو من حيث الحجم |

يلاحظ في الجدول السابق ان جميع هذه العناصر غازات ذات درجات غليان ودرجات انصهار وحرارة وتبخر منخفضة ، مما يدل علي ضعف قوي التجاذب بين ذراتها ، وهذه القوي هي قوي فان دار فالز **Van der waols** الناتجة من حركة الالكترونات . ويلاحظ أيضاً ان درجة انصهار كل عنصر فيها تساوي تقريباً درجة غليانه ، مما يدل علي ان هذه العناصر توجد بحالتها السائلة لمديات ضيقة ومحدودة من درجات الحرارة ، كما أن قوي التجاذب في الشكل البلوري لكل منها تشابه كثيراً قوي التجاذب بين الذرات في الحالة السائلة .

تزداد درجة غليانها وكذلك درجات انصهارها وكثافتها بازدياد اعدادها الذرية أو لوزانها الذرية . وهذا التغيير متوقع مادامت قوي فان درفالز الضعيفة هنا تعتمد علي عدد الالكترونات في مدار تكافؤ الذرات مع عدم وجود تأثير متبادل عادي بين الأزواج الالكترونية في ذرات هذه الغازات واطافة إلي تلك يزداد الحجم الذري بازدياد العدد الذري وبهذا تصبح الالكترونات الخارجية أضعف انشداداً إلي اللواة ، وهذا عامل يزيد من أهمية قوي فان درفالز المؤثرة بين الذرات . ويلاحظ هذا التأثير أيضاً في التناقص المنتظم لجهود تأين هذه العناصر ابتداءً من الهيليوم إلي الرادون .

ونلاحظ أن أنصاف أقطار ذرات هذه العناصر كبير نسبياً وذلك لأن الارتباط بينها ضعيف (قوي فان درفالز فقط) وهي لهذا السبب تسمى أيضاً أنصاف أقطار فان در فالز . وتتوب الغازات النادرة إلي حد ما في الماء وتزداد قابلية ذوبانها بصورة ملحوظة بازدياد الوزن الذري . ويشير التركيب الالكتروني لهذه العناصر وكذلك رمز الحالة S^1 Term symbol لكل منها إلي ان ذراتها لا تميل للاتحاد مع بعضها لتكوين جزيئات متعددة الذرة وإنما توجد في الطبيعة بشكل جزيئات أحادية الذرة . كما لا تميل أيضاً لتكوين أيونات موجبة نظراً لارتفاع جهود تأينها .

كما لا تميل لأن تساهم في تكوين مركبات وروابط تساهمية لعدم احتواء مدارات تكافؤها علي الكترونات منفردة ومع أنه يمكن إجراء بعض التفاعلات بين غازات الكريبتون والزينون والرادون وغاز الفلور قد تكون روابط بين هذه الذرات والفلور والأكسجين فقط مستقرة وتزداد هذه القابلية بانخفاض جهود التأين وطااقات الإثارة فان دخول هذه الغازات في تفاعلات كيميائية مع الذرات الأخرى ما يزال محدوداً مع ان الفعالية الكيميائية لعناصر المجموعة تزداد بزيادة العدد الذري .

وجود الغازات النادرة :-

توجد جميع الغازات النادرة في الجو حسب النسب المذكورة في الجدول السابق ويحصل علي غازات النيون والارجون والكربتون والزينون كنواتج ثانوية من عملية

التقطير التجزيئي للهواء المسال . ويوجد الهيليوم في بعض الغازات الطبيعية وفي بعض الخامات المعدنية ذات النشاط الإشعاعي . ومصدر الهيليوم الرئيسي من الانحلال الإشعاعي **Radioactive decay** لنظائر اليورانيوم والثوريوم التي تشع دقائق ألفا **α - Particles** والتي هي عبارة عن نويات ذرات الهيليوم .

وتنتج بعض نظائر الرادون في الطبيعة من الانحلال الإشعاعي لبعض العناصر كاليورانيوم والثوريوم والراديوم والأكتينيوم . وجميع نظائر الرادون نشطة إشعاعياً ينتج النظير ${}^{222}R_n$ من الانحلال الإشعاعي للراديوم ${}^{226}R_n$ وعمر نصفه **Half - life** يساوي 3.82 يوماً وهو أطول عمر نصف لأي من نظائر الرادون .

سائل الهيليوم :-

يمكن تبريد سائل الهيليوم إلى درجة حرارية منخفضة جداً وذلك بإزالة بخاره الموجود فوق السائل باستمرار ، وقد أمكن بهذه الطريقة بلوغ درجات حرارية تقل عن درجة حرارة (1) درجة مطلقاً وعند تبريد الهيليوم السائل (سنسميه الهيليوم I) وهو ذو درجة غليان تساوي 4.2 درجة مطلقاً) إلى دون 2.18 درجة مطلقاً تتكون هيئة أخرى للهيليوم وهي الهيليوم II صفات غير عادية ، إذ أن لزوجته منخفضة على نحو استثنائي (حوالى 1/1000 من لزوجة غاز الهيدروجين) ، وله قابلية توصيل حرارية عالية للغاية (حوالى 600 مرة أكثر من قابلية التوصيل الحرارية للنحاس في درجة حرارة الغرفة .

وله ظاهرة جريان غريبة تتمثل بقيام جدران الإناء الذى يحتوية وصولاً إلى فوهته والانسياب إلى الخارج إلى أن يفرغ ذلك الإناء من السائل ويمكن الحصول على الهيليوم II فقط من الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ أما النظير الآخر للهيليوم الذى يوجد فى الطبيعة وهو ${}^3_2\text{He}$ فيوجد فى سائل الهيليوم I وذلك بنسبة $1.3 \times 10^{-4} \%$ من الهيليوم

الطبيعى ويستعمل الهيليوم السائل فى عمليات التبريد وكغاز حامل واق فى التفاعلات الكيميائية .

كيمياء الغازات النادرة :-

من المعروف ومنذ زمن قديم أن الغازات النادرة تشترك فى تكوين مركبات قفسية **cage compounds clathrates** مع مركبات تستطيع أن تستوعب ضمن تركيبها الجزيئى وفى الفجوات الناشئة بين الروابط الهيدروجينية التى تربط ذراتها وتستطيع أن تستوعب الغازات النادرة (هذا هو المقصود بالمركبات القفسية) .

ومن المركبات التى تستطيع أن تستوعب الغازات النادرة وفق الكيفية التى ذكرت الآن مركب الهيدروكربون $C_6H_4(OH)_2$ الذى يكون مع الأرجون مركباً قفسياً صيغته $3C_6H_4(OH)_2 \cdot 4Ar$ عند ضغط مقداره 73 ضغط جوب من الأرجون ويكون عنصر الكربتون مع الماء مركباً بنفس الصفات صيغته $Kr \cdot 5H_2O$ وهو مركباً ذو- أهمية حيث يستعمل كناقل للكربتون $85Kr$ النشط أشعاعياً والزينون مركباً صيغته $Xe_8(H_2O)_{46}$ والمركبات القفسية معروفة لكل الغازات النادرة باستثناء الهيليوم ، إذ أن صغر حجم ذرات الهيليوم يمكنها من الهروب من فجوات المادة المضيفة .

والمركبات المائية للغازات النادرة هى أيضاً مركبات قفسية لا نسبية عادة ويمكن تكوينها من تبلور الماء تحت ضغط عال من الغاز النادر وفى درجة حرارة الصفر المئوى ، ومما يجدر ذكره أن الغازات النادرة فى هذه المركبات لا تكون روابط كيميائية ، كما أن المركبات القفسية نفسها ليست من المركبات الكيميائية الموثوق بها .

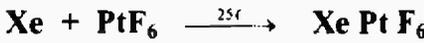
وأول تفاعل كيميائى حقيقى لغاز نادر هو التفاعل الذى لوحظ لعنصر الزينون مع بخار سداسى فلوريد البلاتين PtF_6 الذى سجله (بارتلت) **Neil Bartlett** عام

1962 ، حيث أن سداسى فلوريد البلاتين عامل مؤكسد خارق ، يتفاعل مع الأوكسجين الجزيئى ليعطى المركب الأيونى $[PtF_6^-][O_2^+]$ والذي تم اتباعه بواسطة دراسات حول الاشعة السينية .



وبما أن جهد التأين الأول للأوكسجين الجزيئى (12.2 إلكترون - فولت) مقارب لجهد التأين الأول لعنصر الزينون (12.1 إلكترون - فولت) فقد تولد لدى بارتلنت اعتقاد بوجود تفاعل الزينون مع سداسى فلوريد البلاتين (البلاتين فى حالة التأكسد +6).

وقد أكدت التجربة صحة اعتقاد بارتلنت عندما تمكن من تحضير مادة بلورية صلبة حمراء اعطاها الصيغة الكيميائية $[Xe^+][PtF_6^-]$ التى تحتوى على البلاتين فى حالة التأكسد +5. وقد دلت دراسة لاحقة أن تركيب هذا المركب يتفق مع الصيغة العامة $Xe(PtF_6)_x$ حيث تتراوح قيمة X بين 1,2 . ويعتقد أن التجربة التى قام بها بارتلنت تتلخص فى التفاعلات الكيميائية الآتية :



ويمكن اخضاع المركب الأخير فى هذه المعادلة إلى الصيغة $Xe^{++}(PtF_6)_2$ والتى تحتوى على الأيون Xe^{++} . ويتفاعل الزينون أيضاً بطريقة مماثلة مع سداسى فلوريد الروثينيوم RuF_6 وسداسى فلوريد الروربيوم RhF_6 وسداسى فلوريد البلوتونيوم PuF_6

ومن أفضل مركبات الغازات النادرة تشخيصاً هى التى يكونها الزينون مع الفلور والأوكسجين و يكون الزينون مركبات مع الفلور أو الأوكسجين والنتين باستطاعتها. وهما عوامل مؤكسدة قوية. أن يؤكسدا الزينون ويؤديا نفس الدور الذى قام به سداسى فلوريد البلاتين معه. والمركبات التى يكونها الزينون مع الفلور تشمل

ثنائي فلوريد الزينون XeF_2 ورباعي فلوريد الزينون XeF_4 وسداسي فلوريد الزينون XeF_6 وهناك دليل على تكوينه ثامن فلوريد الزينون XeF_8 .

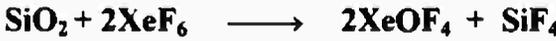
أما مركباته مع الأوكسجين فقط تشمل ثلاثي اوكسيد الزينون XeO_3 ورباعي اوكسيد الزينون XeO_4 ومركباته التي تحتوى على الأوكسجين والفلور فهي تضم اوكسو رباعي فلوريد الزينون $XeOF_4$ واوكسو ثلاثي فلوريد الزينون $XeOF_3$ واوكسو ثنائي فلوريد الزينون $XeOF_2$.

وتحضر فلوريدات الزينون بالاتحاد المباشر بين الزينون والفلور وأن اختيار الظروف الملائمة وخاصة الكميات المستعملة من العنصرين يحدد نوع المركب الناتج فلتحضير سداسي فلوريد الزينون مثلاً بالاتحاد المباشر بين العنصرين تستعمل درجات حرارية تزيد عن 250 مئوية وضغط يزيد عن 50 ضغطاً جوياً يبين الجدول التالي بعض صفات مركبات الزينون .

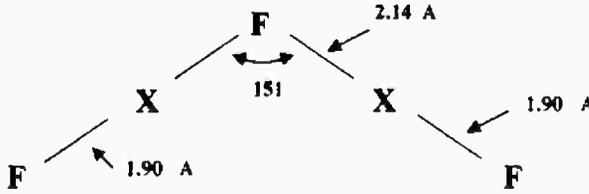
صفات بعض مركبات الزينون

| حالة التأكسد | المركب | الحالة | درجة الانصهار | حرارة التكوين |
|--------------|-------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| 2+ | XeF_2 | بلورات عديمة اللون | 140 مئوية | 37- مئوية |
| 4+ | XeF_4 | بلورات عديمة اللون | 114 | 68- |
| 6+ | XeF_6 | بلورات عديمة اللون | 48 | -96 |
| 6+ | $XeOF_4$ | سائل عديمة اللون | 28- | - |
| 6+ | XeO_3 | بلورات عديمة اللون | - | +96 |
| 6+ | Cs_2XeF_8 | بلورات صفراء اللون | - | - |
| 8+ | XeO_4 | غتر عديم اللون | - | - |
| 8+ | $Na_4XeO_6 \cdot 8H_2O$ | بلورات عديمة اللون | - | - |

ووجد أن فلوريدات الزينون مولات متطايرة **Volatile** تتسامى في درجة حرارة الغرفة وهي في العادة تخزن في اوان مصنوعة من النيكل وبالإضافة للاتحاد المباشر ، يحضر سداسى فلوريد الزيتون من تفاعل رباعى فلوريد الزيتون مع غاز الفلور تحت الضغط . وهو فعال للغاية إذ يتفاعل حتى مع المليكما كما يلي :



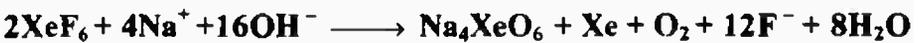
وسداسى فلوريد الزيتون في حالته البلورية يحتوى على مادتين بوليمريتين منه إحداهما رباعية **Tetramer** والأخرى سداسية **Hexamer** وتتألف كلاهما من الوحدات XeF_5^+ التى ترتبط مع بعضها بجسور من أيونات الفلور كما في الشكل :



ويلاحظ من أطوال الروابط إن الارتباط بين الفلور الزينون غير متناظر **Unsymmetrical** .

وأن سداسى فلوريد الزيتون فى حالتيه السائلة والغازية ذو لون أخضر مصفر .

ويعانى سداسى فلوريد الزيتون فى المحلول القاعدى تأكسداً واختزالاً ذاتياً كما يأتى .



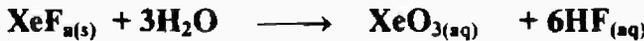
كما يتفاعل سداسى فلوريد الزينون مع فلوريدات العناصر القوية مكوناً مركبات الفلوروزينات التى تحتوى على عنصر الزينون فى حالة التأكسد +6



وتعد هذه المركبات من أكثر مركبات الزينون استقراراً . إذ تستطيع أن تقاوم التجزؤ الحرارى إلى حوالى 400 مئوية أما مركبات الزينون المماثلة مع الصوديوم فهى أقل استقراراً إذ تتجزأ تحت درجة 100 مئوية ويتحلل سداسى فلوريد الزينون تحللاً مائياً فتكون عن هذه العملية مركبات الفلور المحتوية على الأوكسجين ويتحرر فلوريد الهيدروجين .



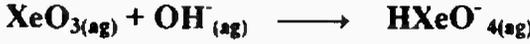
ونلاحظ إن اوكسو رباعى فلوريد الزينون الناتج سائل عديم اللون أما التحلل المائى الكلى لسداسى فلوريد الزينون أو لأوكسو رباعى فلوريد الزينون فيعطى محلولاً ينتج عن تبخيرة ثلاثى اوكسيد الزينون الصلب كما يلى :



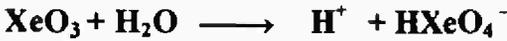
كما يتكون ثلاثى اوكسيد الزينون أيضاً من تفاعل التأكسد والاختزال الذاتى **Disproportionation** لمادة رباعى فلوريد الزينون فى الماء كما يلى :



وثلاثى اوكسيد الزينون عامل مؤكسد قوى فى المحلول المائى ، لكنه فى حالته الصلبة يتجزأ إلى عناصره الغازية مع حصول انفجار شديد اما فى المحلول القاعدى فيتحول ثالث اوكسيد الزينون إلى أيون الزينات Xenate ion كما يلى :



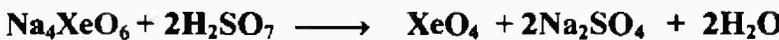
ويسلك ثلاثى اوكسيد الزينون فى الماء سلوك حامض ضعيف مكوناً أيون الزينات أيضاً كما يلى :



ويعانى أيون الزينات تأكسدا واختزالاً ذاتياً **Disproportionation** بطيئاً متحولاً إلى أيون البرزينات **Perxenate ion** وعنصر الزينون كما يلى :



وأيون البرزينات XeO_6^{-4} عامل مؤكسد قوى جداً فى المحلول المائى ، إذ يستطيع إن يؤكسد أيون المنجنيز Mn^{+2} إلى أيون البرمجات $\text{Mn}^{-}\text{O}_4^{-}$ ولقد أمكن فصل أملاح صلبة لهذا الأيون مثل $\text{Na}_4\text{XeO}_6 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ، $[\text{Ba}_2\text{XeO}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ وذلك من تفاعل سداسى فلوريد الزينون والقاعدة المناسبة وتتصف هذه الأملاح بكونها مستقرة وقليلة الذوبان فى الماء وتتفاعل برزينات الصوديوم مثلا مع حامض الكبريتيك المركز وينتج عن هذا التفاعل رابع أو كسيد الزينون XeO_4 وهو مادة عديمة الاستقرار ذات طبيعة متفجرة كما يلى :



كما يحضر ثنائي فلوريد الزينون من تفاعل الزينون مع كمية محدودة من غاز الفلور باستعمال ضغط عال. ويتحلل فلوريد الزينون تحللاً مائياً بطيئاً فى المحلول الحامضى وسريعاً فى المحلول القاعدى كما يلى :



وتعتبر المحاليل الناتجة عوامل مؤكسدة قوية إذ تحول كلوريد الهيدروجين إلى غاز الكلور كما تستطيع أن تؤكسد أيون السيريوم Ce^{+3} إلى أيون السيريوم Ce^{+4} ويستعمل ثنائي فلوريد الزينون فى فلورة **Fluorination** بعض المركبات العضوية كالبنزين مثلاً حيث ينتج عن تفاعله $\text{C}_6\text{H}_5\text{F}$



كما يحضر رباعى فلوريد الزينون كميأً بتسخين مزيج يتألف بنسبة حجم واحد من الزينون إلى خمسة حجوم من غاز الفلور فى درجة حرارة 400 مئوية وضغط مقداره ستة ضغوط جوية لمدة بضع ساعات . ويستعمل رباعى فلوريد الزينون فى فلورة بعض المركبات العضوية الحلقية كالتولوين تختزل فلوريدات الزينون بوساطة الهيدروجين حيث يتحرر الزينون ويتكون فلوريد الهيدروجين كما يلى :



وتنوب فلوريدات الزينون فى الهيدروجين المسائل بدرجات متفاوتة حيث إن المحاليل الناتجة من إذابة ثنائي فلوريد الزينون أو رباعى فلوريد الزينون ذات قابلية اتصال ضعيفة مما يشير أى عدم قابليتها لوهب أو استلام الإلكترونات .

وهذا على عكس المحلول الناتج من إذابة سداسي فلوريد الزينون، إذ يمتلك قابلية إيصال عالية للكهربائية مما يؤدي احتواء المحلول الناتج ولو إلى حد ما على أيونات مثل XeF_5^- . HF_2^- وبعبارة أخرى فإن ثنائي فلوريد الزينون أو رباعي فلوريد الزينون ينوبان في فلوريد الهيدروجين نون حصول تفاعل .

وتتفاعل فلوريدات الزينون مع عدد من أحماض لويس Lewis acids القوية المحتوية على الفلور مثل IF_5 , AsF_5 , SbF_5 ويتكون عن هذه التفاعلات مركبات إضافة **Addition compounds** أو تسمى **Adducts** ولبعض هذه المركبات شبكيات بلورية جزئية مثل IF_5 , XeF_2 . ولبعضها الآخر شبكيات بلورية أيونية تحتوي على الأيونات XeF_5^+ , XeF^+ , Xe_2F^{2+} والتي تنشأ عن انتقال أيون الفلوريد إلى حامض لويس كما في المركبين (XeF_5^+) , (PtF_6) , (AsF_6) , $(\text{Xe}_2\text{F}_5^+)$.

ويمكن التعويض عن الفلور في ثنائي فلوريد الزينون بليجاندا ذات كهروسالبية عالية ، وتعتبر هذه التفاعلات كوسيلة للحصول على مشتقات أخرى للزينون .



فعالية الغازات النادرة في تكوين المركبات :

تبين أنه بازياد إعددها الذرية نجد أن أنصاف أقطار ذرات هذه العناصر تزداد ابتداءً من الهيليوم إلى الرادون ، كما نرى أيضاً أن جهود تأينها تتناقص ابتداءً من الهيليوم إلى الرادون . وعلى هذا الأساس يجب أن تتدرج فعالية هذه العناصر في تكوين المركبات الكيميائية وفقاً للنظام التالي :



إى أن الرادون وفقاً لهذا النظام يجب أن يكون أكثر هذه العناصر فعالية . وهناك دليل على تفاعل الرادون مع الفلور ، إلا أن طبيعته الإشعاعية (يشع دقائق الفا α) وقصر عمر النصف لنظائره زادت من صعوبة تحديد أهمية مركباته مع الفلور .

وعنصر الكريبتون أقل فعالية من الزيتون وقد حضرت له مركبات قليلة أهمها ثنائي فلوريد الكريبتون KrF_2 الذى حضر باحداث تفرغ كهربائى على مزيج من غازى الكريبتون والفلور. كما حضر أيضاً رباعى فلوريد الكريبتون KrF_4 وقد أمكن تحضير المركب المعقد $KrF_2 \cdot 2SbF_5$ وهذا ينصهر فى درجة حرارة حوالى 50 مئوية ، وتتجزأ .



ولم تعرف لعناصر الهيليوم والنيون والارجون مركبات كيميائية .

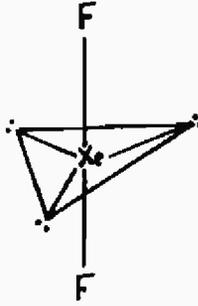
الارتباط الكيميائى وتركيب مركبات الغازات النادرة :

لقد أمكن تحديد تركيب اغلب مركبات الغازات النادرة بطرق مختلفة كطرق وجود الأشعة السينية **X-ray diffraction** وأطياف المنطقة تحت الحمراء وأطياف رامان ، كما أمكن تفسير تركيبها بدلالة نظرية رابطة التكافؤ **Valence Bond Theory** أو بدلالة نظرية الاوربتال الجزيئى **Molecular Orbital Theory** .

ففى جزيئة فلوريد الزينون XeF_2 مثلاً ، تحاطب ذرة الزينون بعشرة الكترونات ، ثمانية منها تعود لذرة الزينون نفسها ، ولثان من ثرتى الفلور .

تتوزع ثلاثة أزواج منها حول رؤوس مثلث وهى تتخذ هذه المواقع ليكون التناظر بينها أقل ما يمكن ، أما الزوجان المتبقيان فيكونان الرابطين اللتين تربطان ذرة

الزنيون بنرتي الفلور والشكل العام لهذه الجزيئة هو الشكل ثنائي الهرم المثلثي **Trigonal bipyramid** ، وتقع الرابطة على امتداد خطي **linear** والمدارات الهجينة التي يستعملها الزنيون هي من النوع dSP^3 ويبلغ طول الرابطة **Xe - F** حوالي 2 انجستروم .

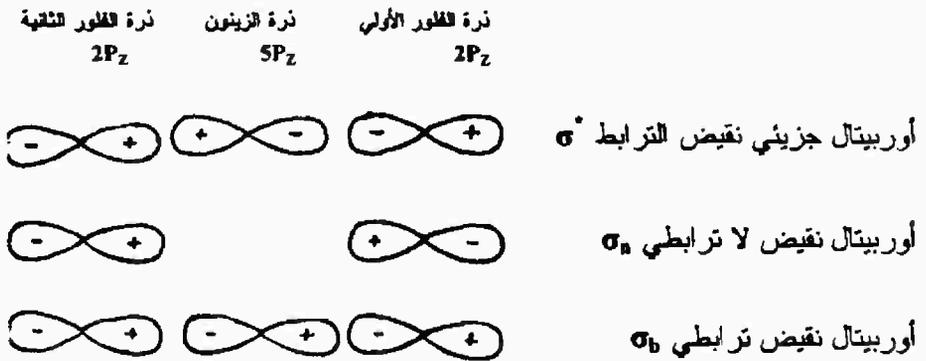


قد لوحظ الجزيئة هذا الشكل في الحالتين الصلبة والغازية

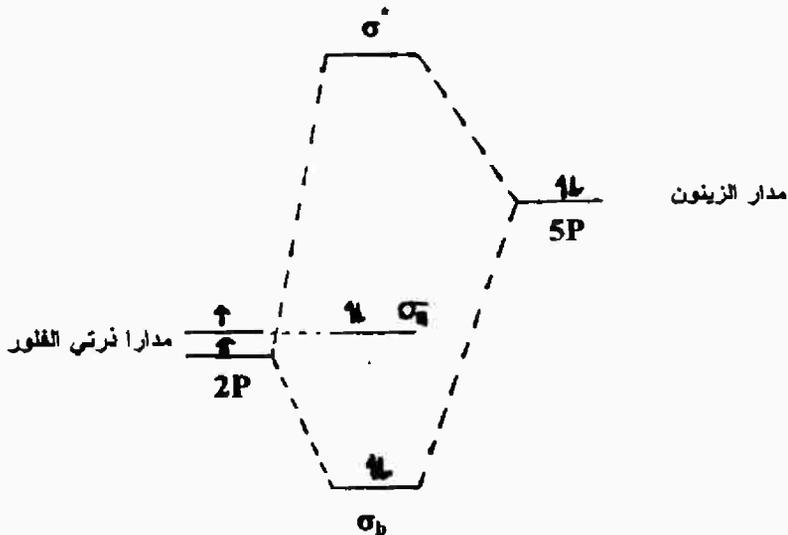
والمعروف عن جزيئة XeF_2 أنها نظير الكتروني **Isoelectronic** لكل من الأيونات ICl_2^- ، I_3^- ، $BrCl^-$ (أي أن مدار التكافؤ في الذرتين المركزيتين . وهما اليود والزنيون يحتوى على نفس العدد من الالكترونات وهو عشرة الكترونات) وبهذا يمكن الاستدلال أيضاً على شكل الجزيئة XeF_2 من الشكل المعروف لهذه الأيونات وهو الشكل الخطي .

وبدلالة نظرية المدار الجزيئي ، يندمج في عملية جمع خطي المدار الذري $5P_2$ من ذرة الزنيون مع المدارين الذريين $5P_2$ من ذرتي الفلور (وجميع هذه المدارات الذرية من النوع σ) وينتج عن هذا الجمع الخطي ثلاث مدارات حيزية أقلها طاقة هو المدار الجزيئي ويرمز له σ_b وأعلاها طاقة هو المدار الجزيئي نقبيض الترابطي ويرمز له σ^* ، ويتوسط هذين المدارين الجزيئيين . مدار جزيئي لا ترابطي

ويرمز له σ_a لا يساهم مدار الزينون $5P_z$ في تكوينه لكونه ذا تناظر مختلف لا يؤدي إلى محصلة اندماج كما في الشكل :-



وبدلالة مستويات الطاقة تمثل هذه الأوربتالات وبالتسلسل المذكور اعلاه بالشكل الآتي :

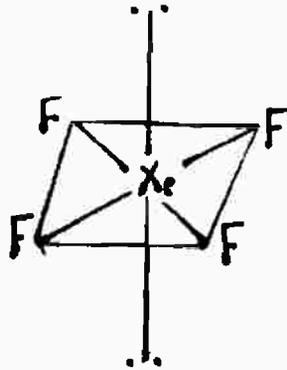


حيث تمثل الرابطين في جزيئة XeF بالمدارين . الجزيئي الترابطي σ_b والجزيئي اللانترابطي σ_a لأنهما أقل المدارات الجزيئية طاقة ويبقى المدار الجزيئي

نقيضة الترابط σ^* فارغا لأنه ذو طاقة عالية . أما بقية المدارات الذرية في الزينون والفلور فهي مشغولة بالالكترونات ويمكن اعتبارها بمثابة مدارات لا ترابطية **Nonbonding** ويلاحظ في الشكل السابق إن المدار الجزيئي الترابطي ذو طاقة أقرب إلى طاقة مداري الفلور منها لطاقة مدار الزينون وذلك لأن الفلور ذو كهروسالبية أعلى بكثير من كهروسالبية الزينون .

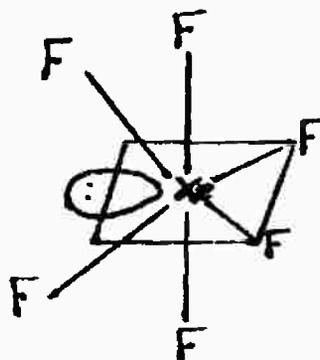
إن الصورة التي قد مناها عن الترابط الكيميائي في جزيئة ثنائي فلوريد الزينون يمكن تعميمها على بقية فلوريدات الزينون XeF_4 و XeF_6 وذلك باستعمال المدارين $5P_y$ و $5P_z$ من ذرة الزينون لتكوين مدارات جزيئية تقى بعدد الروابط في كل جزيئة .

وقد وجد أن جزيئة XeF_4 تتخذ شكل المربع المستوي **Square planar** مع وجود زوجين منفردين من الالكترونات يشغلان الموقعين المتبقين في الشكل ثماني الوجوه **Octahedral** وإن المدارات الهجينية التي يستعملها الزينون هي من النوع d^2sp^3 وطول الرابطة $\text{Xe} - \text{F}$ يساوى 1.95 انجستروم .

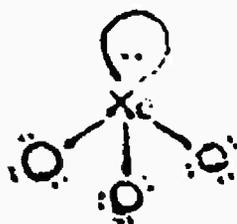


وفي جزيئة سداسي فلوريد الزينون XeF_6 توجد حول الزينون سبعة أزواج من الالكترونات تتوزع ستة أزواج منها حول رؤوس شكل ثماني الوجوه غير منتظم

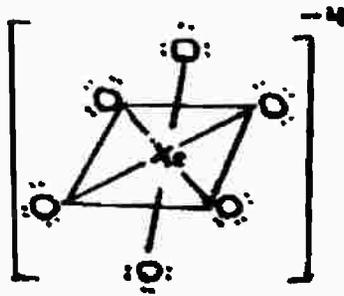
ويبقى على الزينون زوج منفرد واحد وبهذا فالشكل العام للجزيئة هو ثنائي الهرم
المخمس والمدارات الهجينة التي يستعملها الزينون هي من النوع d^2sp^3



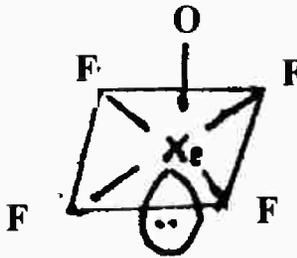
أما تركيب اوكسيدات الزينون واوكسو فلوريداته فمعروف أيضاً . لثالث
اوكسيد الزينون XeO_3 شكل يشابه شكل نظيره الالكتروني وهو أيون اليودات IO_3^-
نو شكل الهرم المثلي حيث يستعمل الزينون المدارات الهجينة sp^3 وطول الرابطة
 $Xe-O$ يساوى 1.76 أنجستروم وقد أمكن اثبات هذا الشكل بواسطة دراسات حيود
الاشعة السينية .



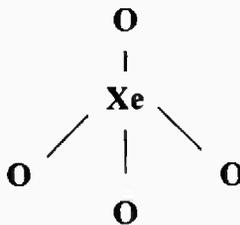
ولأيون البرزنيات XeO_6^{4-} شكل المجسم ثماني الوجوه حيث تحاط نرة
الزينون بستة ازواج من الالكترونات وهي عبارة عن ثمانية إلكترونات تعود للنرة
نفسها واربع الكترونات تمثل الشحنة السالبة على الأيون .



ويلاحظ أن ذرات الأوكسجين في مثل هذه المركبات لا تستغل إلكتروناتها في تكوين الروابط وإنما تستعمل إلكترونات الزينون ولجزئته أوكسو رباعي فلوريد الزينون شكل الهرم المربعي مع وجود زوج من الإلكترونات المنفردة .



وقد أمكن إثبات هذا التركيب بواسطة أطياف رامان والأطياف تحت الحمراء لرابطة $X - O$ بعض صفات الرابطة الثنائية **Double bond Character** . أما بالنسبة رباعي أوكسيد الزينون XeO_4 فقد أثبتت دراسة أطياف الأشعة تحت الحمراء له في الحالة الغازية أنه يتخذ شكل الجسم رباعي الوجوه أي أن الزينون يستعمل المدارات الهجينة Sp^3



وفى جميع مركبات الزنيون تعتبر الروابط $X - O$ و $Xe - F$ تساهمية مستقطبة .

استعمالات الغازات النادرة :-

استعمل الهيليوم فى ملء المناطيد نوات المحركات نظراً لقوة الرفع التى يمتلكها وكونه غير قابل للاشتعال ، وهو لهذه الصفة الأخيرة استعيب رغم أن كثافته تساوى ضعف كثافة الهيدروجين تقريباً كما استعيب به عن النيتروجين فى بعض التجارب التى تتطلب محيطاً خاملاً قد يكون النايترجين فيه ذا فعالية كيميائية ويستعمل أيضاً فى المعامل كغاز ناقل **Carrier gas** فى عمليات الفصل المتبعة فى أجهزة الكروماتوجرافى .

ونظراً لانخفاض درجة غليانه فقد استعمل فى حالته السائلة وفى درجات حرارية منخفضة تقارب الصفر المطلق فى الكشف عن سلوك بعض المواد فى مثل هذه الظروف ، ومن التحولات المهمة التى اكتشفت بهذا الخصوص هو انعدام الحرارة النوعية ومعامل تحدد المواد الصلبة وانعدام مقاومتها الكهربائية ، وفى واحدة من هذه التجارب فى درجة حرارة سبع درجات مطلقة لوحظ أن المقاومة الكهربائية للرصاص تنخفض بحوالى مليون مرة عما هى عليه فى الظروف الطبيعية

ويستعمل مزيج الهيليوم فى الأوكسجين فى معالجة أمراض الربو الحادة وبعض الأمراض المتعلقة بقتلص المجارى الهوائية . والهيليوم ذو أهمية كبيرة فى عمليات الفوص العميقة وفى علاج شلل الفواص ، وهذا النوع من الشلل يصيب الشخص نتيجة الانتقال المفاجئ من جو ذى ضغط عال إلى جو ذى ضغط عادى إذ يسبب هذا الانخفاض المفاجئ هروب نايتروجين الدم الذى يتولد عنه حصول نوع من الفقاعات فى الشعيرات الدموية أو فى النماغ والحبل الشوكى . ولتقليل حصول مثل هذا المرض يستعمل مزيج الهيليوم مع الأوكسجين بدلاً من الغاز المضغوط .

والنيون يستعمل فى ملء المصابيح الكهربائية وهو لهذا الغرض يقلل من معدل تبخر الغاز المتوهج ويقلل من احتمال اسوداد المصباح . كما يستعمل أيضاً فى تهيئة جو خامل فى عمليات لحام المعادن كالمغنيسيوم والالمنيوم مثلاً . ويستعمل الأرجون فى ملء أنابيب التفريغ الكهربائى وملء المصابيح الكهربائية ويستعمل الأرجون فى ملء أنابيب التفريغ الكهربائى وملء المصابيح للكهربائية وفى تهيئة اجواء خاملة لإجراء بعض التجارب كما يستعمل أيضاً فى عمليات لحام المعادن .