جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ميسان

كلية العلوم

قسم الكيمياء

كيمياء المركبات الحلقية غير العضوية

Chemistry of inorganic heterocycles

بحث تخرج تقدمت به الطالبة:

نوره قاسم جبار

إلى مجلس كلية العلوم جامعة ميسان وهي جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الكيمياء

بأشراف الدكتور

د. علي طه

2025 م

1446 هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

" ﴿ أَمَّنْ هُوَ قَانِتٌ آنَاءَ اللَّيْلِ سَاجِدًا وَقَائِمًا

يَحْذَرُ الْآخِرَةَ وَيَرْجُو رَحْمَةَ رَبِّهِ ۗ قُلْ هَلْ يَسْتَوِي

الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ ۗ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ

أُولُو الْأَلْبَابِ ﴾"

(صدق الله العلي العظيم)

سورة الزمر (الآية 9)

الإهداء

((وآخر دعواهم ان الحمد الله رب العالمين))

الحمد الله الذي ما تم جهداً ولا ختم سعي إلا بفضلة وما سلكنا البدايات إلا بتيسيره وما بلغنا النهايات إلا بتوفيقة وما حققنا الغايات إلا بفضله فا الحمد الله حباً وشكراً وامتناناً الحمد الله على البداء والختام. **((الحمد الله رب العالمين))**

إلى من احمل اسمك بكل فخر إلى من لاينفصل اسمه عن اسمي من كان مصدر الدعم والعطاء وسندي وقوتي وملاذي بعد الله.

((أبي الغالي))

إلى من وهبني الله نعمه وجودها إلى أغلى ما أملك في هذا الحياة إلى التي لاتكفي الحروف لوصفها.

((أمي الغالية))

من قال أنا لها "نالها"

أنا لها أن أبت رغماً عنها اتيت بها، لم تكن الرحلة قصيرة ولاينبغي لها أن تكون لم يكن الحلم قريب لكنني فعلتها ونلتها.

إلى مشرف البحث الذي لم يتوانى في مد يد العون

الدكتور -علي طه -

شكر وتقدير

في البداية نشكر الله عز وجل اولاً واخيراً،

له الحمد وله الفضل فا الحمد الله عند البداء

وعند الختام،الحمد الله ما انتهى درب والختم

سعي الا بفضله، الحمد الله على التمام وعلى

على لذة الإنجاز .

إلى من كان لهم الفضل بعد الله في توجيهي وإرشادي،

إلى من حملوا رسالة العلم وأدّوا أمانته بكل إخلاص وتفانٍ...

أتقدم بأسمى آيات الشكر والتقدير إلى أساتذتي الأفاضل ودكاترة كليتي،

الذين لم يبخلوا بعلمهم وخبراتهم، وكانوا لنا منارًا يضيء درب المعرفة ،

لقد كنتم لنا قدوة في الجد والاجتهاد، وبذلتم من وقتكم وجهدكم لتعليمنا

وتوجيهنا نحو الطريق الصحيح

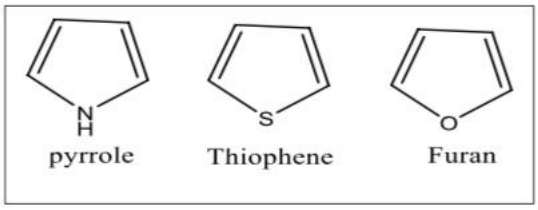
المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الاهداء	أ
الشكر والتقدير	ب
المحتويات	ج
الخلاصة	د
المقدمة	2 – 1
الفصل الثاني	
تحضير المركبات الحلقية العضوية	13 – 3
تحضير المركبات الحلقية اللاعضوية	16 – 14
الفصل الثالث	
أنواع المركبات الحلقية اللاعضوية	17
طرق التحضير	19 – 18
الخواص	23 – 20
التطبيقات	26 – 24
الخاتمة	27
المصادر	28

الخلاصة

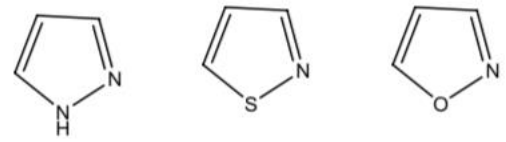
يتضمن البحث عرض المركبات الحلقية الغير متجانسه حيث يتم تعريفها هي عباره عن مركبات عضوية تحتوي على ذرة كاربون واحدة كحد أدنى مرتبطة بذرة نتروجين ،كبريت أو الأوكسجين وسيتم أخذ أنواع الحلقات الخماسية

1. الحاوية على ذرة مغايرة واحده يعد الـ **furan , Thiophene , pyrrole** ابسط هذه المركبات وهي مركبات عطريه



2. يعتبر الـ **pyrrol** من اهم وأبرز أفراد هذه الطائفة من الناحيه البايلوجيه لما له صله ببعض أشباه القلويات مثل النيكوتين والأصباغ الصفراوية في الثديات وهيموغلوبين الدم .
3. الحلقات الخماسية غير المتجانسه الحاويه اكثر من ذره مغايرة تضم هذا المجموعه نوعين من المركبات ،وذالك حسب توضع الذرتين المغايرتين بالنسبه لبعضهما البعض :-

a) الحلقات التي تكون فيها الذرتين المغايرتين في موقع 1,2



b) الحلقات التي تكون فيها الذرتان المغايرتان في موقع 1,3

المقدمة

الكيمياء العضوية الحلقية بصوره عامه

تعد الكيمياء العضوية فرعاً مهماً من فروع الكيمياء ،حيث تتناول دراسة المركبات التي تحتوي على الكاربون ، ومن بين هذه المركبات تبرز المركبات الحلقية

cyclic compounds التي تلعب دوراً اساسياً في العديد من التطبيقات الحيوية والصناعية وتتميز هذه المركبات بوجود ذرات مرتبطة في هيكل حلقي ،مما يمنحها خصائص فريده تؤثر على نشاطها الكيميائي والفيزيائي.

تنقسم المركبات الحلقية إلى نوعين رئيسيين:-

1. **المركبات الأليفاتية Alicyclic compounds**

وهي المركبات التي تحتوي على حلقات مشبعة أو غير مشبعة لكنها لاتمتلك خصائص عطريه مثل السيكلو هكسان والسيكلو بنتان .

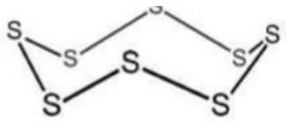
2. **المركبات الحلقية المعطرة Aromatic compounds**

وتتميز بوجود نظام إلكتروني متناوب داخل الحلقة يمنحها استقراراً عالياً مثل البنزين ومشتقاته والتي تعد أساسية في الصناعات الدوائية والبوليمرات .

نضراً لخصائصها الفريدة ، تلعب المركبات الحلقية دوراً مهماً في العديد من التطبيقات ، حيث تستخدم في :-

1) صناعة الادويه :- لإنتاج المضادات الحيوية والمسكنات
2) المجال البتروكيميائي :- لإنتاج الوقود والبوليمرات
3) الكيمياء الحيوية :- لتشكيل البنى الأساسية وللعديد من المركبات الحيوية مثل الستيرويدات والفيتامينات

عندما تكون جميع الذرات المكونة للحلقة ذات نوع واحد فان هذا التركيب الجزيئي يطلق علية تركيب حلقي متجانس homocyclic ، الذرات المكونة للحلقة لاتكون فقط كاربون كما في نواة البنزين وبل هناك عناصر أخرى غير الكاربون قادرة على تكوين حلقات في مركب الـ cyclo_octasulfur

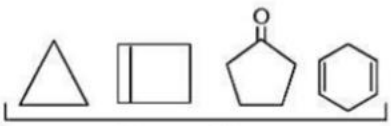


Cyclo-octasulfur

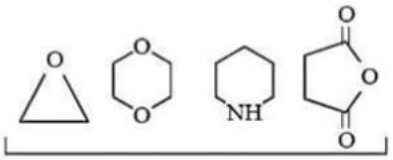
Benzene

أما عندما يوجد في التركيب الحلقي ذرات أخرى من عناصر مختلفة فإن هذه المركبات تسمى مركبات حلقيه غير متجانسه Heterocyclic حيث أن مثل هذه المركبات تحتوي في الغالب على ذرات الكاربون مع ذرة أو اكثر من عناصر أخرى وأكثر وهذه العناصر ذات قدره على تكوين مركبات حلقية غير متجانسة هي الأوكسجين والكبريت والنتروجين

ويرجع هذا إلى ان زاوية التكافؤ لهذه العناصر الثلاثة قريبة جداً من زاوية تكافؤ ذرة الكاربون مما يسمح لهذه الذرات بأن تحل محل ذرة واحدة أو اكثر من ذرات الكربون في أي حلقه كاربونيه بدون حدوث شد أو انضغاط محسوس في الحلقه المتكونه



Homocyclic



Heterocyclic

الفصل الثاني

تحضير المركبات الحلقية العضوية

Preparation of organic cyclic compounds

اولاً :- الايزوكسازول

الاكسازول :-وهوه عبارة عن مركب حلقي خماسي غير متجانس يحتوي على ذرتين غير متجانستين هما النتروجين والأوكسجين في موقع 1,3

الايزوكسازول:- وهوه عبارة عن مركب حلقي خماسي غير متجانس يحتوي على ذرتين غير متجانستين هما النتروجين والأوكسجين في الموقع 1,2

١و٣- كزازول

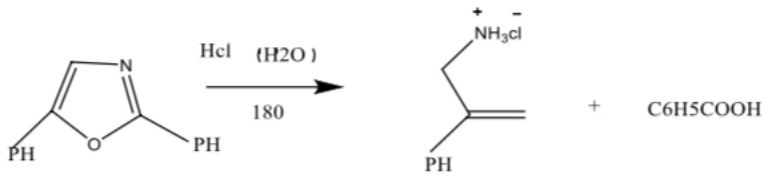
١و٢-الايزوكزازول

i. الايزوكسازول والاوكسازول كلاهما مركب سائل وله رائحة تشبه رائحة البريدين

ii. لم يحظ هذان المركبان باهتمام كبير إلا في السنوات الأخيرة

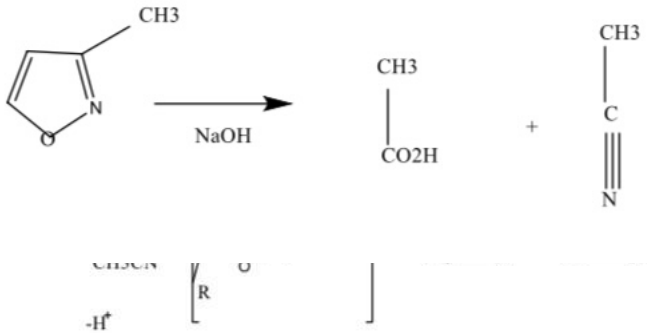
iii. الايزوكسازول والاوكسازول لها صفات قاعدية ضعيفة وهما أضعف قاعدية من البريدين والسبب في ذالك وجود ذرة الأوكسجين ذات سالبيه عاليه ولكل منها تراكيب تأرجحه تساعد على ثباتها

iv. الايزوكسازول والاوكسازول اكثر ثباتاً من الفيوران تجاه الأحماض المركزيه عند درجه الحراره العادية اماً عند درجة الحراره العالية فإنها تنفتح كما يتضح من المعادلة



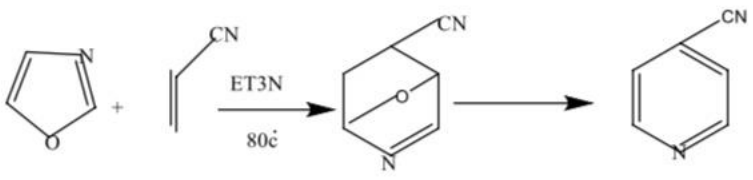
v. الايزوكسازول والاكسازول لهم قدرة على تكوين أملاح رباعية مع عوامل الإلكلة

vi. في الوسط القاعدي فان الاكسازول اما الايزوكسازول فإنه ينفتح بكل سهوله وسهولة الانفتاح تعتمد على المجاميع البديلة



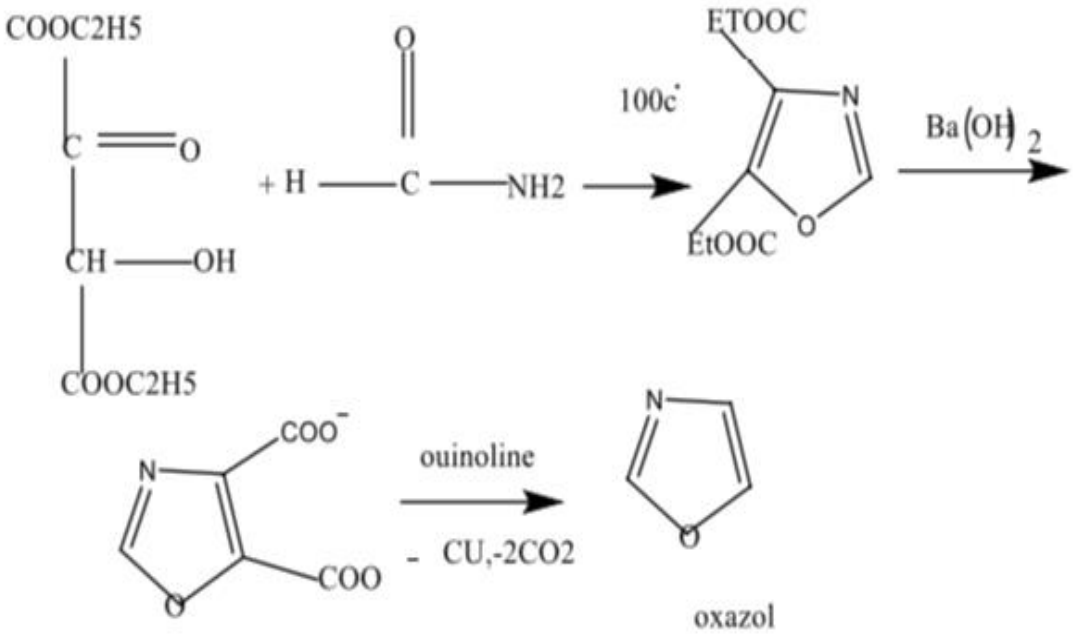
vii. تستطيع هذا المركبات تكوين أملاح رباعية يمكن ان تتفاعل بدورها مع قواعد وتعطي ايميدو وهذا يمكن ان يستخدم في تحضير كثير من المركبات

viii. تفاعل ديلز – الدر :- تخضع الاوكزازول لتفاعل ديلز – الدر حيث انه يتفاعل مع الدانييوفيل يستخدم هذا التفاعل لتحضير مركبات حلقيه غير متجانسه فمثلاً الاوكزازول مع الاكريلونتيريل يمثل طريقة عملية لتحضير مشتقات البير يدين كما في المعادلة



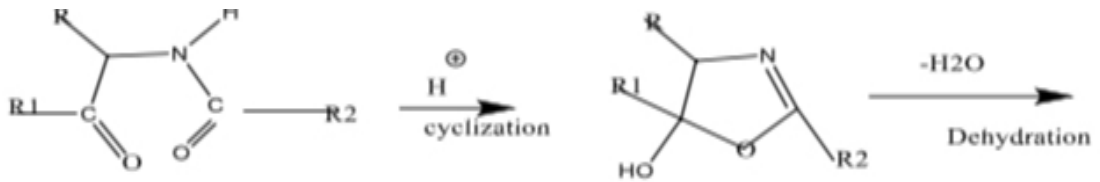
((طرق تحضير اوكسازول))

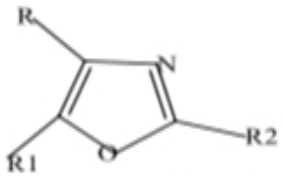
يتفاعل اثيل الفاهيدروكسي كيتو سكسينات مع فورم اميد لإعطاء ثنائي أسيل اوكزازول 1,5 ديكاربوكسيلات في الخطوة التالية يتم إخضاعها لتحلل مائي وماتلاه من نزع الكاربوكسيل إلى الاكزازول



تخليق روبنسون – غابرييل

في هذه الطريقة يتم تحويل كيتو الفا- أكيل أمينو إلى اوكسازول مستبدل substituted oxazole من خلال تفاعل حلقي cyclisation متبوعاً بتفاعل نزع الماء dehydration





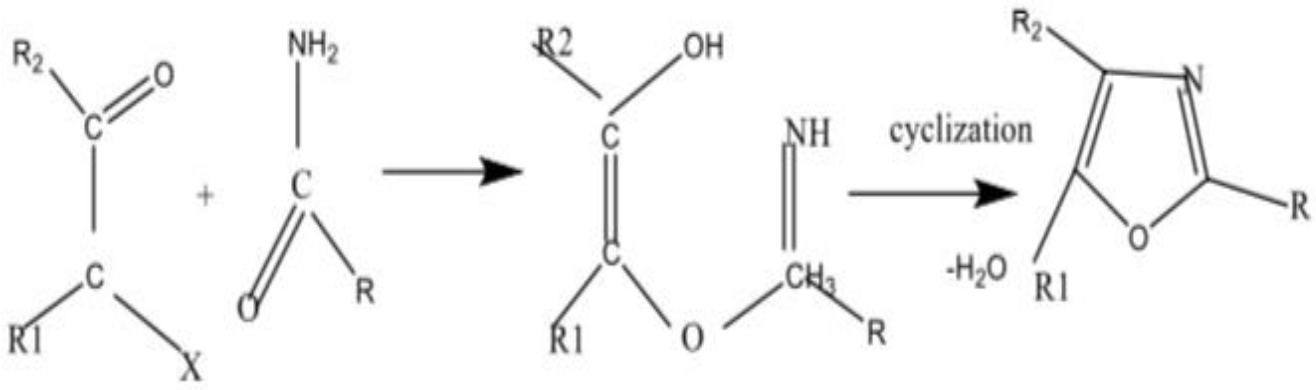
substituted oxazole

يستخدم هذا التفاعل على نطاق واسع في تحضير مشتقات الاوكسازول والتي تلعب دوراً مهماً في الصناعات الدوائية والكيميائية العضوية حيث تدخل في تركيب بعض المضادات الحيوية والمركبات الفعاله بيولوجياً

تفاعل كيتونات الفا هالو مع الاميدات الاوليه

هذا التفاعل يتم بين كيتونات الفا هالو مع الامايدات الاوليه وينتج عنه مركبات اوكسازول او ايزوكسازول وهي من المركبات الحلقية غير المتجانسة الخماسيه

1. تفاعل كيتونات الفا هالو مع الاميدات الاوليه يتم استبدال الهالوجين X الموجود في الكيتون بمجموعة الاميد (NH2) مما يؤدي إلى تكوين مركب وسيط ويحتوي على مجموعة c=o ومجموعة NH
2. تشكيل حلقة (cyclisation) في وجود وسط حمضي أو محفوز تجفيف مثل (H2 SO4 – pocl3- socl2) يتم تحفيز تكوين الحلقه حيث تتفاعل مجموعه OH مع مجموعة NHداخل المركب الوسيط
3. نزع الماء (dehydration) خلال هذه الخطوة يتم فقدان جزيء ماء مما يؤدي إلى تكوين حلقه اوكسازول او ايزوكسازول المستقرة



تفاعل إيزو سيانيد مع كلوريد حامض بوجود بوتيل الليثيوم (t-BuLi).

1. تكوين الإيزو سيانيد المحفّز بالليثيوم:

• تبدأ المادة المتفاعلة الأولى $C_6H_5CH_2N{=}C$ (بنزيل أيزو سيانيد) بالتفاعل مع بوتيل الليثيوم (t-BuLi).

• هذا يؤدي إلى إزالة بروتون وتكوين أيوني ليثيوم إيزو سيانيد ($LiC_6H_5CHN{\equiv}C$).

2. تفاعل الإيزو سيانيد مع كلوريد الأسيتيل (CH_3COCl):

• يتفاعل الإيزو سيانيد مع كلوريد الأسيتيل مما يؤدي إلى تكوين مركب وسطي يحتوي على مجموعة الكربونيل والنيتروجين.

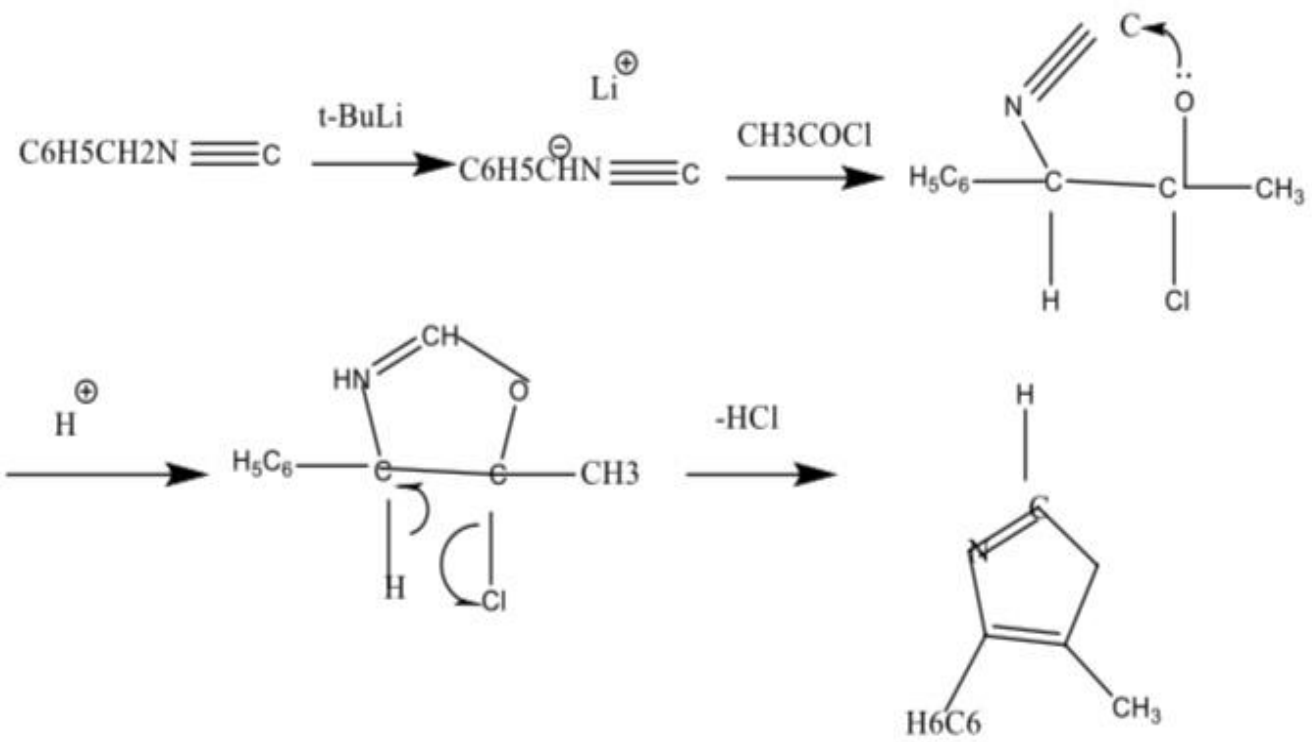
3.إعادة الترتيب الحلقي:

• يتعرض المركب الوسطي لتفاعل إعادة ترتيب مما يؤدي إلى تكوين حلقات خماسية غير مشبعة.

• يحدث فقدان لحمض الهيدروكلوريك (HCl-) مما يؤدي إلى تكوين حلقة خماسية تحتوي على مجموعة أميدية (NH) ومجموعة ميثيل (CH_3-).

4.الناتج النهائي:

• المركب الناتج يحتوي على بنية حلقية مع مجموعة أميدية، وهو مشتق من الكزازول (Oxazole) أو مشتق خماسي مشابه له.



الاستنتاج :-

هذا التفاعل مثال على تكوين مركبات اوكزازول أو مشتقاتها من إيزو سيانيد وكلوريد الحامض، حيث تؤدي إعادة الترتيب إلى تكوين هياكل حلقية مفيدة في الكيمياء الطبية والصيدلانية

تكوين مركبات الأوكسازول والإيزوكسازول من كيتونات أمينية ألفا-هيدروكسي عند تفاعلها مع الألدهيدات

1. تكوين الإيمين أو الأوكسيم:

• يتفاعل مركب ألفا-هيدروكسي أمينو كيتون مع ألدهيد (RCHO).

• تحدث عملية إزالة الماء (H_2O-) مما يؤدي إلى تكوين رابطة مزدوجة بين الكربون والنيتروجين (إيمين أو أوكسيم).

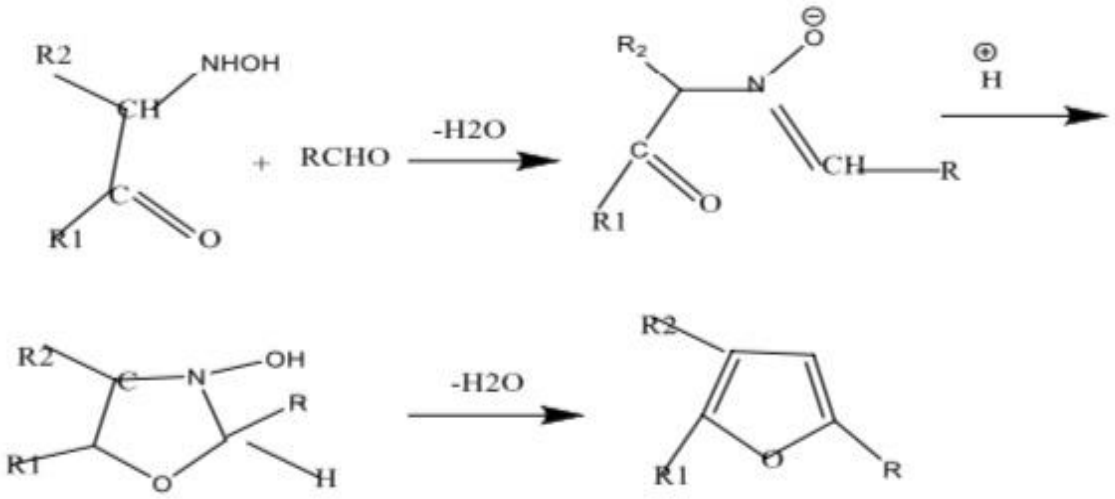
2 .إعادة الترتيب الحلقي (Cyclization):

• بعد تكوين الإيمين، يحدث تفاعل داخلي بين ذرات الكربون والنيتروجين مما يؤدي إلى إغلاق الحلقة.

3. تكوين حلقة الأوكسازول أو الإيزوكسازول:

• يتم فقدان جزيء ماء آخر (H_2O-)، مما يساهم في تشكيل الحلقة الخماسية.

• تتشكل إما أوكسازول (Oxazole) أو إيزوكسازول (Isoxazole) بناءً على موضع ذرة الأكسجين والنيتروجين في الحلقة.



تكوين أوكسازول مستبدل (2- phenyl-5-methyl oxazole) من مركبات ألفا-أمينو كربونيل.

1. تكوين المركب الوسطي:

• المادة المتفاعلة الأولى هي إستر أميدي (C_6H_5-NH-OC_2H_5)، وهو مركب يحتوي على مجموعة أمينية ومجموعة إستر.

• المادة الثانية هي أمينو كيتون (H_2N-CH_2-$COOCH_3$).

• يتم التفاعل بين هذين المركبين في وجود حمض الخليك (CH_3COOH) والتسخين (Reflux) مما يؤدي إلى تكوين مركب وسطي يحتوي على مجموعات وظيفية نشطة.

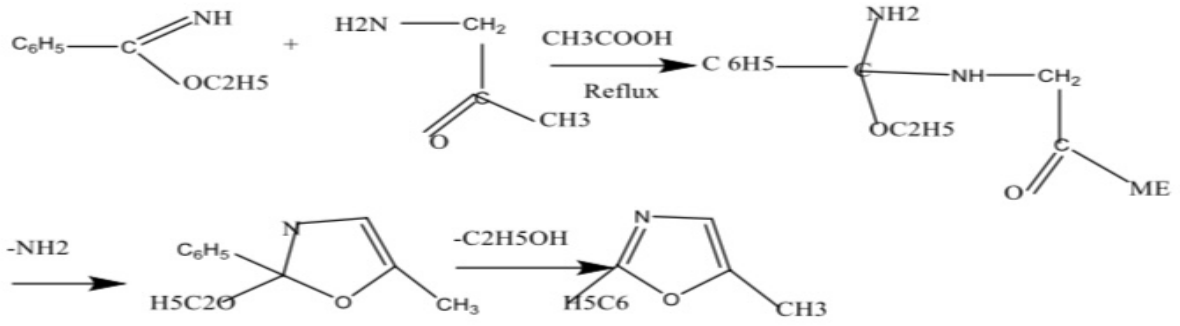
2. إغلاق الحلقة لتكوين الأوكسازول:

• يتم فقدان جزيء أمين (-NH_2) وجزيء إيثانول (-C_2H_5OH) خلال التفاعل.

• يؤدي ذلك إلى تكوين حلقة أوكسازول الخماسية، حيث يرتبط النيتروجين بالأكسجين داخل الحلقة، مع وجود مجموعتي فينيل (C_6H_5) وميثيل (CH_3) كمستبدلات.

3. الناتج النهائي:

• المركب النهائي هو 2-phenyl-5-methyl oxazole، وهو مركب عضوي مهم في الكيمياء الطبية والصيدلانية، ويستخدم في تصميم الأدوية



2-phenyl -5-methyl oxazole

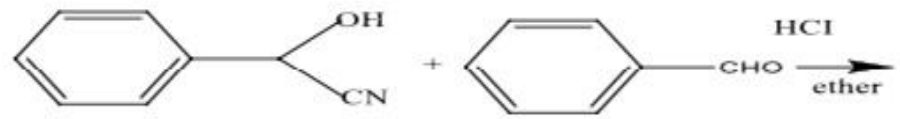
والمركبات النشطة بيولوجيًا

تحضير مركب **Diphenyl oxazole-2,5** باستخدام طريقة **فيشر أوكزازول**.

يتفاعل **Mandelic acid nitrile** مع **Benzaldehyde** بوجود **حمض الهيدروكلوريك (HCl)** و**الإيثر** لإنتاج **Diphenyl -2,5 oxazole**.

آلية التفاعل

1. **تفعيل النيتريل:** يتم تنشيط **ماندليك أسيد نيتريل** بوجود الحمض، مما يحفّز التفاعل.
2. **التكاثف مع البنزالديهايد:** يحدث تفاعل بين النيتريل والمجموعة الألدهيدية في البنزالديهايد.
3. **تكوين حلقة الأوكزازول:** يتم تكوين الحلقة الخماسية **(Oxazole)** عن طريق فقدان الماء وإعادة الترتيب داخل الجزيء



Mandelic acid nitrile Benzaldehyde

2,5-Diphenyl oxazole

المركبات الحلقية غير المتجانسة (Compounds Heterocyclic)

هي مركبات عضوية تحتوي على حلقات تشمل **ذرات غير الكربون** مثل **النيتروجين (N)**، **الأكسجين (O)**، **أو الكبريت (S)** إلى جانب ذرات الكربون. هذه المركبات تلعب دورًا مهمًا في الكيمياء العضوية والصيدلانية، حيث تشكل بنية العديد من الأدوية والفيتامينات والمواد الطبيعية.

أنواع المركبات الحلقية غير المتجانسة

1. حلقية خماسية (Five-membered Rings)

- تحتوي على 5 ذرات في الحلقة، مع وجود ذرة أو أكثر غير كربونية.
- أمثلة:
- **بيرول (Pyrrole)**: يحتوي على نيتروجين واحد.
- **فوران (Furan)**: يحتوي على أكسجين.
- **ثيوفين (Thiophene)**: يحتوي على كبريت.

2. حلقية سداسية (Six-membered Rings)

- تحتوي على 6 ذرات في الحلقة.
- أمثلة:
- **بيريدين (Pyridine)**: يحتوي على نيتروجين واحد في حلقة سداسية مثل البنزين لكنه أكثر قطبية.
- **بيريميدين (Pyrimidine)**: يحتوي على ذرتي نيتروجين وهو جزء من القواعد النيتروجينية في الـ DNA و RNA.

3. حلقية مندمجة (Fused Rings)

- تحتوي على أكثر من حلقة مدمجة مع بعضها، واحدة منها على الأقل غير متجانسة.
- أمثلة:
- **إندول (Indole)**: مكون رئيسي في بعض الهرمونات مثل السيروتونين.
- **كوينولين (Quinoline)**: يستخدم في الأدوية مثل الكلوروكين لعلاج الملاريا.

تصنيف المركبات الحلقية غير المتجانسة

يمكن تصنيف المركبات الحلقية غير المتجانسة بعدة طرق، منها:

1. **حسب عدد ذرات الحلقة:**
- **حلقات خماسية** (تحتوي على 5 ذرات في الحلقة).
- **حلقات سداسية** (تحتوي على 6 ذرات في الحلقة).
- **حلقات أكبر من ست ذرات** لكنها أقل شيوعًا في الطبيعة.

2. **حسب عدد الذرات غير المتجانسة في الحلقة:**
- **حلقة تحتوي على ذرة واحدة غير كربونية** (مثل البيريدين – يحتوي على نيتروجين واحد).
- **حلقة تحتوي على أكثر من ذرة غير كربونية** (مثل الإيميدازول – يحتوي على ذرتي نيتروجين).

3. **حسب خواصها الكيميائية:**
- **عطرية**: تمتلك خصائص مشابهة للبنزين بسبب نظامها الإلكتروني المستقر، مثل البيرول والفوران.
- **غير عطرية**: لا تمتلك نظامًا إلكترونيًا مستقرًا، مثل بعض المركبات المكونة من حلقات كبيرة

المركبات الحلقية اللاعضوية (Inorganic Heterocyclic Compounds)

المركبات الحلقية اللاعضوية هي مركبات كيميائية تتكون من حلقات تحتوي على ذرات من عناصر غير الكربون مثل الأوكسجين، النيتروجين، الكبريت أو المعادن، وتختلف عن المركبات العضوية في أنها لا تحتوي على الكربون كعنصر رئيسي في تركيبها. غالبًا ما تكون هذه المركبات مهمة في الكيمياء الصناعية والعضوية ولا تقتصر على التفاعلات الكيميائية البسيطة، بل تدخل أيضًا في العديد من العمليات البيئية والطبية.

تعريف المركبات الحلقية اللاعضوية:

المركبات الحلقية اللاعضوية هي مركبات تتكون من حلقة أو أكثر من الذرات التي يمكن أن تحتوي على عناصر غير الكربون مثل النيتروجين، الأوكسجين، الكبريت، أو المعادن. قد تحتوي هذه المركبات أيضًا على روابط بين الذرات المعدنية أو بين الذرات المعدنية وغير المعدنية، مما يجعلها مركبات غير عضوية تمامًا.

الخصائص العامة للمركبات الحلقية اللاعضوية:

1. **الهيكل الحلقي:**
- تتكون المركبات الحلقية من سلسلة مغلقة من الذرات التي ترتبط ببعضها بروابط تساهمية أو أيونية.
- الحلقات قد تكون بسيطة (مثل حلقة من ذرات الأوكسجين أو الكبريت) أو قد تكون أكثر تعقيدًا (مثل الحلقات التي تحتوي على معادن).

2. **وجود عناصر غير الكربون:**
- تحتوي الحلقات على عناصر غير الكربون، مثل الأوكسجين (في أكاسيد مثل أكسيد الفاناديوم) أو النيتروجين (كما في مركبات مثل أكسيد النيتروجين).
- هذه الحلقات تكون لا عضوية لأنها لا تحتوي على الكربون بشكل أساسي.

3. **التفاعلات الكيميائية:**

• غالبًا ما تكون المركبات الحلقية اللاعضوية تفاعلية ويمكن أن تساهم في عمليات كيميائية هامة مثل التفاعلات الحفازة أو في العمليات البيئية والصناعية.

4. **الروابط الكيميائية:**

• في المركبات الحلقية اللاعضوية، قد تكون الروابط تساهمية أو أيونية. على سبيل المثال، أكاسيد المعادن قد تحتوي على روابط أيونية بين المعدن والأوكسجين

أنواع المركبات الحلقية اللاعضوية:

1. **أكاسيد المعادن:**

• هي مركبات تتكون من حلقة من الأوكسجين والعديد من المعادن.

• مثال: **أكسيد الفاناديوم (V_2O_5)** هو أكسيد معدني يحتوي على حلقة من الأوكسجين والفاناديوم.

2. **كربونات المعادن:**

• تحتوي هذه المركبات على أيون الكربونات (CO_3^{2-}) مرتبط بذرات معدنية.

• مثال: **كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)** التي تحتوي على أيون كربونات وأيونات معدنية.

3 **النيتريدات:**

• تحتوي على ذرة نيتروجين مرتبطة بذرات معدنية.

• مثال: **نيتريد الألومنيوم (AlN)**، حيث يحتوي على حلقة من النيتروجين والألومنيوم.

4. **سلفات المعادن:**

• تحتوي هذه المركبات على أيونات الكبريتات (SO_4^{2-}) مترابطة مع معادن مختلفة.

• مثال: **كبريتات الحديد ($FeSO_4$)**.

أمثلة على المركبات الحلقية اللاعضوية:

1. **أكسيد الفاناديوم (V_2O_5):**
• أكسيد الفاناديوم هو مثال على مركب حلقي لا عضوي يحتوي على حلقة من الأوكسجين والفاناديوم. يتم استخدامه في العديد من التفاعلات الكيميائية الصناعية.
2. **كبريتات النحاس ($CuSO_4$):**
• تحتوي كبريتات النحاس على أيون الكبريتات وأيون النحاس في هيكل حلقي يمكن استخدامه في التحليلات الكيميائية والتطبيقات الصناعية.

3. **مركبات النيتروجين الحلقية:**
• مثل أكسيد النيتروجين (NO_2) وهو مركب حلقي يحتوي على النيتروجين والأوكسجين، ويستخدم في صناعات مختلفة كوسيلة للتفاعل مع المركبات الأخرى.

استخدامات المركبات الحلقية اللاعضوية:

• **في الصناعة**: العديد من المركبات الحلقية اللاعضوية تستخدم في الصناعات الكيميائية لإنتاج الأسمدة، المواد الحفازة، والمواد الخام.

• **في الكيمياء التحليلية**: تستخدم هذه المركبات في تحاليل التفاعلات الكيميائية، مثل تفاعلات أكسدة-اختزال أو تحاليل الغازات.

• **في الطب**: بعض المركبات الحلقية اللاعضوية تلعب دورًا في الأدوية والعلاج الكيميائي، مثل المركبات التي تحتوي على معادن ثقيلة وتستخدم لعلاج الأمراض

الفصل الثالث

أولًا: أنواع المركبات الحلقية اللاعضوية.

يمكن تصنيف المركبات الحلقية اللاعضوية إلى نوعين رئيسيين بناءً على تكوين الحلقة نفسه

1. المركبات الحلقية المتجانسة (Homocyclic Inorganic Compounds)

هي مركبات تتكون حلقاتها من نوع واحد فقط من الذرات، وتشمل:

- الحلقات الفوسفورية (Phosphorus Rings)

- أشهرها رباعي الفوسفور (P_4)، وهو مركب حلقي يتكون من أربع ذرات فوسفور مرتبطة بروابط تساهمية.

- يُستخدم الفوسفور الأبيض (P_4) في الصناعات الكيميائية وخاصةً في تصنيع المواد الحارقة والمتفجرات.

- الحلقات الكبريتية (Sulfur Rings)

- يمكن أن تكون مركبات حلقية مكونة بالكامل من ذرات الكبريت، مثل S_6 و S_8.

- تُستخدم مركبات الكبريت الحلقية في إنتاج المواد المطاطية، والمبيدات، والمواد الحافظة.

2. المركبات الحلقية غير المتجانسة (Heterocyclic Inorganic Compounds)

تحتوي هذه المركبات على أكثر من نوع من الذرات داخل الحلقة، ومنها:

- البورازين (Borazine, $B_3N_3H_6$)

- يُعرف أيضًا باسم "البنزين غير العضوي" نظرًا لتشابهه في الخواص مع البنزين العضوي.

• يتكون من ثلاث ذرات بورون وثلاث ذرات نيتروجين، مرتبة بشكل دوري داخل الحلقة.

• يُستخدم في الصناعات عالية الحرارة وصناعة المواد السيراميكية المتقدمة.

• السيليكون-أوكسجين (Siloxanes)

• تحتوي هذه المركبات على روابط Si-O، وهي الأساس في تكوين السيليكونات، والتي تُستخدم في الزيوت الصناعية والمواد العازلة.

• الفوسفازينات ($N_3P_3Cl_6$, Phosphazenes)

• مركبات حلقية تتكون من الفوسفور والنيتروجين، ولها استخدامات واسعة في التطبيقات الصناعية والعوازل الكهربائية.

ثانيًا: طرق تحضير المركبات الحلقية اللاعضوية

1. تحضير المركبات الحلقية من العناصر الأولية

• يمكن الحصول على P_4 بتسخين الفوسفور الأحمر في وسط مختزل عند درجات حرارة مرتفعة.

• يتم تحضير الكبريت الحلقي S_8 بتبريد الكبريت المنصهر ببطء حتى يتبلور في شكل حلقي.

2. التفاعلات الكيميائية بين المركبات اللاعضوية

• تحضير البورازين (Borazine):

• يتم إنتاجه من خلال تفاعل ثلاثي كلوريد البورون (BCl_3) مع الأمونيا (NH_3) كما في المعادلة:

$$3\ BCl_3 + 6\ NH_3 \setminus B_3N_3H_6 + 9\ HCl$$

• ينتج غاز HCl كناتج ثانوي ويجب التخلص منه أثناء التفاعل.

• تحضير الفوسفازينات (Phosphazenes):

• يتم ذلك من خلال تفاعل PCl_5 مع الأمونيا، مما يؤدي إلى تكوين الحلقات الفوسفورية المحتوية على النيتروجين.

3. التحضير الحراري والتفاعلات التحفيزية

• يتم تحضير مركبات السيليكون-أوكسجين (Siloxanes) من خلال تفاعل التكثيف بين سيليكات الصوديوم وأحماض السيليكون، حيث تتشكل روابط Si-O تدريجيًا لتعطي المركب الحلقي المطلوب

ثالثًا: الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات الحلقية اللاعضوية

الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات الحلقية اللاعضوية

تتميز المركبات الحلقية اللاعضوية بمجموعة من الخواص الفيزيائية والكيميائية التي تجعلها متميزة عن المركبات العضوية الحلقية. وتعتمد هذه الخواص على نوع الذرات الموجودة في الحلقة، طبيعة الروابط الكيميائية، والتفاعلات التي يمكن أن تخضع لها هذه المركبات.

أولًا: الخواص الفيزيائية

تعتمد الخواص الفيزيائية للمركبات الحلقية اللاعضوية على تركيبها البنيوي، وحجم الحلقة، وقوة الروابط بين الذرات، ومن أهم هذه الخواص:

. الحالة الفيزيائية

• تختلف الحالة الفيزيائية للمركبات الحلقية اللاعضوية بين الصلبة، السائلة، والغازية، بناءً على نوع العناصر الداخلة في تكوينها.

• مثال:

• S_8 (الكبريت الحلقي) يوجد في الحالة الصلبة، وله لون أصفر فاتح.

• P_4 (الفوسفور الأبيض) يوجد في الحالة الصلبة، ولكنه شديد التفاعل ويمكن أن يشتعل تلقائيًا في الهواء.

• السيليكونات الحلقية يمكن أن تكون سائلة أو صلبة اعتمادًا على حجم الجزيئات وسلسلة الروابط Si-O.

. درجة الانصهار والغليان

• تختلف درجات الانصهار والغليان بناءً على قوة الروابط في المركب:

• المركبات التي تحتوي على روابط تساهمية قوية مثل البورازين تكون أكثر استقرارًا ولها درجات انصهار وغليان عالية.

• المركبات التي تحتوي على روابط ضعيفة أو قوى فان دير فالس، مثل الكبريت الحلقي (S_8)، تمتلك درجات انصهار منخفضة نسبيًا (119°C) مقارنة بالمركبات الأخرى.

. الذوبانية في المذيبات المختلفة

• المركبات الحلقية اللاعضوية يمكن أن تكون قابلة أو غير قابلة للذوبان في المذيبات المختلفة بناءً على قطبيتها:

• المركبات غير القطبية مثل الكبريت الحلقي (S_8) غير قابلة للذوبان في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل رابع كلوريد الكربون (CCl_4).

• المركبات القطبية مثل البورازين ($B_3N_3H_6$) يمكن أن تذوب في المذيبات القطبية مثل الماء والكحول.

• السيليكونات الحلقية تتميز بعدم قابليتها للذوبان في الماء ولكنها تذوب في بعض المذيبات العضوية، مما يجعلها مفيدة في التطبيقات الصناعية.

اللون واللمعان

• بعض المركبات الحلقية اللاعضوية تمتلك ألوانًا مميزة:

• الكبريت الحلقي (S_8) أصفر اللون.

• الفوسفور الأبيض (P_4) يكون عديم اللون أو أبيض مائل للشفافية ولكنه يتفاعل بسرعة مع الهواء ويتحول إلى اللون الأصفر.

• مركبات البورازين غالبًا ما تكون عديمة اللون أو بيضاء.

ثانيًا: الخواص الكيميائية

تتميز المركبات الحلقية اللاعضوية بمجموعة واسعة من التفاعلات الكيميائية التي تعتمد على نوع الذرات داخل الحلقة وطبيعة الروابط بينها.

التفاعل مع الماء والرطوبة .

• بعض المركبات الحلقية اللاعضوية تكون حساسة جدًا للرطوبة وتتفاعل مع الماء بسهولة:

• الفوسفازينات (Phosphazenes, $N_3P_3Cl_6$) تتحلل بوجود الماء، مما ينتج عنه أحماض الفوسفوريك.

• البورازين ($B_3N_3H_6$) يتفاعل مع الماء لكنه يكون أكثر استقرارًا مقارنة بالفوسفازينات.

• الكبريت الحلقي (S_8) لا يذوب في الماء ولكنه يمكن أن يتفاعل معه عند درجات حرارة عالية لإنتاج حمض الكبريتيك (H_2SO_4).

التفاعل مع الأحماض والقواعد .

• بعض المركبات الحلقية اللاعضوية يمكن أن تتفاعل مع الأحماض أو القواعد لإنتاج مشتقات جديدة:

• البورازين ($B_3N_3H_6$) يتفاعل مع الأحماض القوية مثل HCl ليعطي مركبات مشحونة لها تطبيقات في الصناعات التحفيزية.

• السيليكونات الحلقية لا تتأثر بسهولة بالأحماض أو القواعد المعتدلة، ولكنها تتحلل في الأحماض القوية مثل H_2SO_4.

التفاعل مع الأكسجين والهواء

• بعض المركبات الحلقية اللاعضوية تكون قابلة للاشتعال عند تعرضها للأكسجين:

• الفوسفور الأبيض (P_4) يشتعل تلقائيًا في الهواء ليعطي خامس أكسيد الفوسفور (P_4O_{10})، والذي يستخدم في تجفيف الغازات.

• الكبريت الحلقي (S_8) يحترق ليعطي ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، الذي يمكن أن يتأكسد إلى ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) وهو الأساس في تحضير حمض الكبريتيك.

. التفاعل مع الهالوجينات

• بعض المركبات الحلقية اللاعضوية تتفاعل مع الهالوجينات مثل الكلور أو الفلور لتشكيل مركبات جديدة:

• الكبريت الحلقي (S_8) يتفاعل مع الكلور لإنتاج ثنائي كلوريد الكبريت (S_2Cl_2)، وهو مركب يُستخدم في تحضير المبيدات والمواد الكيميائية الأخرى.

• الفوسفور الأبيض (P_4) يتفاعل مع الكلور ليعطي ثلاثي كلوريد الفوسفور (PCl_3) أو خماسي كلوريد الفوسفور (PCl_5)، وكلاهما يُستخدم في الصناعات الدوائية والكيميائية

التطبيقات الصناعية والتكنولوجية للمركبات الحلقية اللاعضوية

تُستخدم المركبات الحلقية اللاعضوية في العديد من المجالات الصناعية والتكنولوجية نظرًا لخصائصها الفريدة، مثل مقاومتها للحرارة، استقرارها الكيميائي، وخصائصها الكهربائية. وفيما يلي أهم التطبيقات لهذه المركبات:

١ـ التطبيقات في الصناعات الكيميائية

أ. صناعة الأحماض والمواد الكيميائية الأساسية• الكبريت الحلقي (S_8) يُستخدم في إنتاج حمض الكبريتيك (H_2SO_4)، وهو أحد أهم الأحماض الصناعية المستخدمة في:

- تصنيع الأسمدة الكيميائية.
- معالجة المعادن وتكرير النفط.
- صناعة البطاريات الحمضية.
- الفوسفور الأبيض (P_4) يستخدم في تحضير خماسي أكسيد الفوسفور (P_4O_{10})، الذي يعمل كمجفف قوي في الصناعات الكيميائية.

ب. صناعة المبيدات والأسمدة

- مشتقات الكبريت الحلقية مثل ثنائي كلوريد الكبريت (S_2Cl_2) تُستخدم في تصنيع المبيدات الزراعية ومبيدات الحشرات.
- مركبات الفوسفور الحلقية تُستخدم في إنتاج الأسمدة الفوسفاتية التي تعزز نمو المحاصيل الزراعية.

ج. تصنيع البوليمرات والمطاط الصناعي

- السيليكونات الحلقية (Siloxanes) تُستخدم في صناعة المطاط الصناعي والبوليمرات التي تمتاز بالمرونة العالية والاستقرار الحراري.
- الفوسفازينات (Phosphazenes) تُستخدم في تصنيع بوليمرات مقاومة للحرارة والمواد العازلة كهربائيًا

٢ . التطبيقات في الصناعات الإلكترونية والتكنولوجية

أ. تصنيع المواد العازلة الكهربائية

. السيليكونات الحلقية تُستخدم كمواد عازلة في الأجهزة الكهربائية بسبب مقاومتها العالية للحرارة والرطوبة.

• الفوسفازينات تُستخدم في تصنيع الأغشية العازلة للكابلات والأسلاك الكهربائية.

ب. صناعة أشباه الموصلات

• بعض المركبات الحلقية اللاعضوية مثل مركبات السيليكون والفوسفور تُستخدم في صناعة الرقائق الإلكترونية والدوائر المتكاملة.

• مركبات البورازين تُستخدم كمادة عازلة في التطبيقات الإلكترونية المتقدمة.

٣-التطبيقات في الصناعات الطبية والصيدلانية

أ. تصنيع الأدوية والعقاقير

• مشتقات الفوسفازينات تُستخدم في تحضير بعض الأدوية المضادة للسرطان.

• المركبات الكبريتية الحلقية تُستخدم في تصنيع بعض المضادات الحيوية والأدوية المضادة للفطريات.

ب. تصنيع الغرسات الطبية والمواد الحيوية

• السيليكونات الحلقية تُستخدم في صناعة الغرسات الطبية، مثل حشوات الثدي، والعدسات اللاصقة، والمفاصل الصناعية.

• مركبات البورازين تُستخدم في تصنيع المواد الحيوية المقاومة للتآكل داخل الجسم.

٤-التطبيقات في مستحضرات التجميل والصناعات الاستهلاكية

أ. صناعة مستحضرات التجميل والعناية بالبشرة

• السيليكونات الحلقية تُستخدم في منتجات العناية بالبشرة والشعر، حيث تعطي ملمسًا ناعمًا للبشرة وتوفر حماية ضد الرطوبة.

• تُستخدم مشتقات الفوسفازينات في صناعة واقيات الشمس والمواد الحافظة للمستحضرات التجميلية.

ب. تصنيع الزيوت ومواد التشحيم

• السيليكونات الحلقية تُستخدم في الزيوت الصناعية وزيوت المحركات، نظرًا لقدرتها العالية على مقاومة درجات الحرارة المرتفعة ومنع التآكل.

• المركبات الحلقية الكبريتية تُستخدم في زيوت التشحيم الخاصة بالمعدات الصناعية الثقيلة.

٥ -التطبيقات في صناعة الطلاءات والمواد المقاومة للتآكل

• البورازين والفوسفازينات تُستخدم في الدهانات المقاومة للحرارة والنار، والتي تُستخدم في الطائرات والمفاعلات النووية.

• مركبات السيليكون الحلقية تُستخدم في طلاءات الأسطح المعدنية والبلاستيكية لحمايتها من التأكسد والتآكل.

الخاتمة

في ختام هذا البحث عن المركبات الحلقية اللاعضوية، نجد أنها تلعب دورًا حيويًا في العديد من المجالات الصناعية والعلمية، وذلك بفضل تنوع تراكيبها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية المميزة. فمن خلال دراستها، أصبح من الواضح أن هذه المركبات تمتلك تطبيقات واسعة النطاق، بدءًا من الصناعات الكيميائية والإلكترونية، وصولًا إلى المجالات الطبية والهندسية.

لقد أتاح لنا هذا البحث فرصة لفهم طرق تحضير هذه المركبات، وخصائصها، وتفاعلها مع العوامل المختلفة، مما يفتح المجال أمام المزيد من الدراسات والتطويرات في هذا المجال. ومع استمرار البحث العلمي، من المتوقع اكتشاف مركبات جديدة ذات خصائص محسنة يمكن أن تسهم في تطوير تقنيات حديثة تخدم المجتمع والصناعة.

وبذلك، يمكن القول إن المركبات الحلقية اللاعضوية ليست مجرد مركبات كيميائية، بل هي عنصر أساسي في التقدم العلمي والتكنولوجي، وستظل محور اهتمام الباحثين لما تقدمه من فوائد وإمكانات غير محدودة

المصادر

التسلسل	المصدر	المؤلف
1	كتاب المركبات الحلقية غير المتجانسة والحيوية	دكتور حمد بن عبدالله اللحيدان والدكتور محمد بن إبراهيم الحسن والدكتور سالم سليم الذياب
2	كتاب الكيمياء العضوية الأروماتية	دكتور محمد بن أبراهيم الحسن – الطبعة الأولى 1992م
3	اطروحة - تحضير ودراسة تحليلية لبعض المركبات الحلقية غير المتجانسة	محمد علي مؤيد
4	كتاب الكيمياء العضوية	د. حسن محمد الحازمي / الجزء الثاني
5	تحضير وتشخيص مركبات حلقية غير متجانسة مشتقة من الكينازولينونز	كرار ابراهيم
6	المركبات الحلقية الخماسية الغير المتجانسة	رسل شاكر
7	تسمية المركبات العضوية.	أ.د. حسن الحازمي و د. سهام العيسى وأخرون
8	https://coursee.org/?p=21022	
9	كتاب المركبات الحلقية غير المتجانسة والحيوية	للدكتور حمد بن عبدالله اللحيدان والدكتور محمد بن إبراهيم الحسن والدكتور سالم سليم الذياب – الطبعة الثانية – جامعة الملك سعود – المملكة العربية السعودية
10	كتاب الكيمياء العضوية الأروماتية	للدكتور محمد بن أبراهيم الحسن – الطبعة الأولى 1992م
	محاضرات 341 كيم كيمياء المركبات الحلقية غير المتجانسة	للدكتور عبدالله بن محمد الماجد – جامعة الملك سعود – السعودية