

**المركبات الحلقية الخماسية غير المتجانسة الأروماتية المتكاثفة**  
**- البيرولات والفورانات والثيوفينات المتكاثفة (متعددة الحلقات) -**  
**- Condensed pyrroles, furans and thiophenes -**

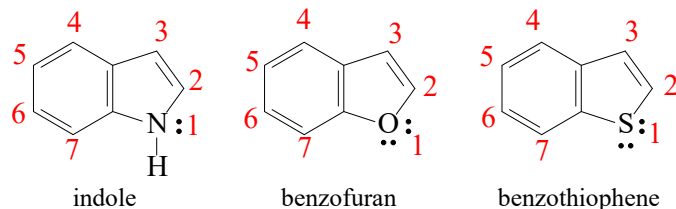
البيرولات والفورانات والثيوفينات المتكاثفة هي عبارة عن مركبات متعددة الحلقات تم فيها تكاثف حلقة البيروول أو الفوران أو الثيوفين مع حلقة بنزن أو أكثر (تكاثف حلقة خماسية غير متجانسة مع حلقة بنزن أو أكثر).

فعندما تتكاثف الحلقة غير المتجانسة العطرية مع حلقة البنزن فإن المركب يزداد استقراراً من جهة ومن جهة أخرى فإن الخواص الكيميائية للمركب المتكاثف تتغير وخاصة فيما يتعلق بتفاعلات الاستبدال الإلكترونية.

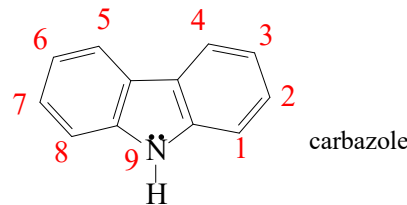
**1- تسمية البيرولات والفورانات والثيوفينات المتكاثفة:**

غالباً ما تسمى البيرولات والفورانات والثيوفينات المتكاثفة بأسماء شائعة، إلا أن هناك أمور لا بد من معرفتها وفهمها وهي:

- في الحلقات غير المتجانسة الأروماتية الثنائية ينسب المركب إلى الحلقة غير المتجانسة، حيث يبدأ الترقيم بدءاً من الذرة غير المتجانسة، مثل بنزوفوران وبنزوثيوفين والأندول.



- أما في الحلقات غير المتجانسة الأروماتية الثلاثية فينسب المركب أيضاً إلى الحلقة غير المتجانسة، إلا أن الترقيم هنا يبدأ (كما في الحلقات المتعددة المتجانسة) من الحلقات الخارجية ثم الداخلية كما في الكاربازول carbazole .



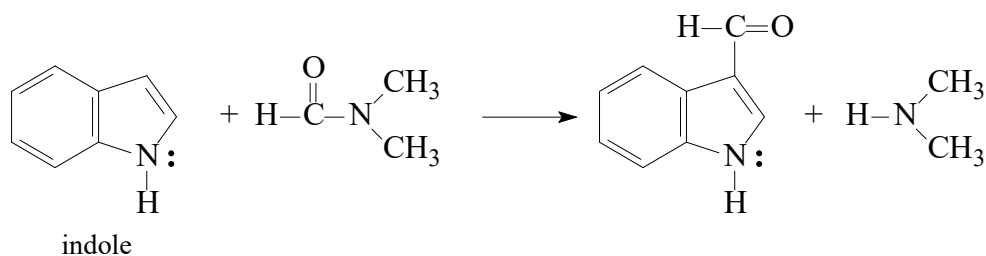
## 2- تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلي على البيرولات والفورانات والثيوفينات الأروماتية ثنائية الحلقة:

تعتبر الحلقة الأروماتية غير المتجانسة الأحادية أكثر فعالية من المتكاثفة (المتعددة) وذلك لأنها أقل ثباتاً.

تحصل تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلي في البيرولات والفورانات والثيوفينات على الحلقة غير المتجانسة أكثر منها على الحلقة البنزينية، وفيما يلي أفضليات التوجيه لتفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلي في الحلقات المتعددة:

- في البنزوفوران: الموقع 2 هو الأكثر فعالية.
  - في البنزوئثيوفين: الموقعين 2 و 3 هما الأكثر فعالية، إلا أن الفعالية في الموقع 3 تزيد عن الفعالية في الموقع 2 .
  - في الإندول: الموقع 3 هو الأكثر فعالية.
- أ- تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلي على البيرولات (الإندول):

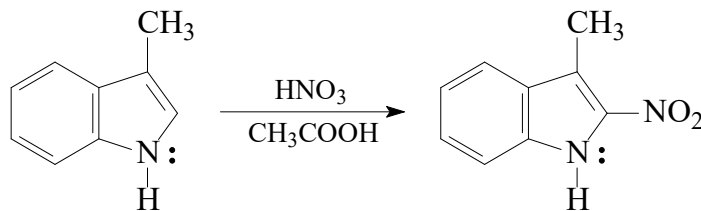
يتم توجيه تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلي في الإندول إلى الموقع 3 ، كما في المثال التالي:



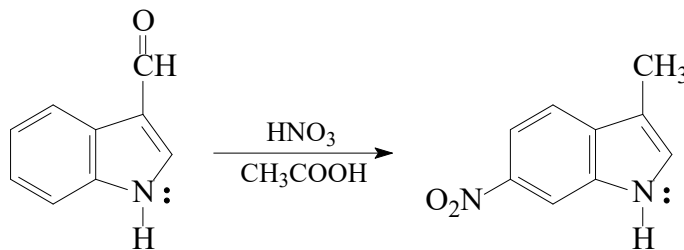
## حالات أخرى لتفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلية على الإندول المستبدل في الحلقة غير المتجانسة:

إذا كان الإندول مستبدلاً في الموقع 3 (الموقع 3 مشغول)، هنا يتم توجيه التفاعل حسب نوع المجموعة البديلة وفق حالتين:

- إذا كانت المجموعة البديلة مانحة للإلكترونات: عندها يتم توجيه التفاعل إلى الموقع 2 كما في المثال التالي:

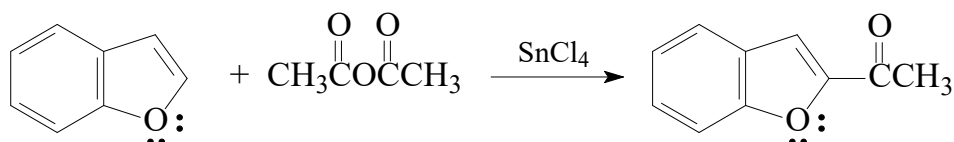


- إذا كانت المجموعة البديلة ساحبة للإلكترونات: عندها ستكون الحلقة غير المتجانسة خاملة، وتتم عملية عندئذ على حلقة البنزن كما في المثال التالي:



### ب- تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلي على البنزوفوران:

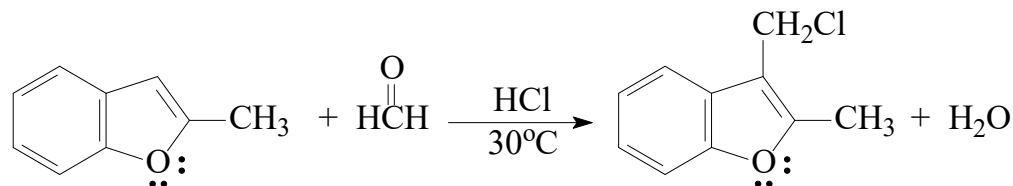
يتم توجيه تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلي في البنزوفوران إلى الموقع 2 ، كما في المثال التالي:



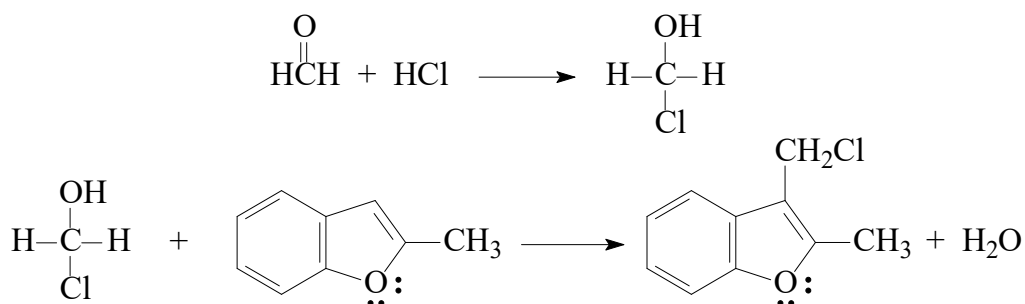
حالات أخرى لتفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلية على البنزوفوران المستبدل في الحلقة غير المتجانسة:

إذا كان البنزوفوران مستبدلاً في الموقع 2 (الموقع 2 مشغول)، هنا يتم توجيه التفاعل حسب نوع المجموعة البديلة وفق حالتين:

- إذا كانت المجموعة البديلة مانحة للإلكترونات: عندها يتم توجيه التفاعل إلى الموقع 3 كما في المثال التالي:



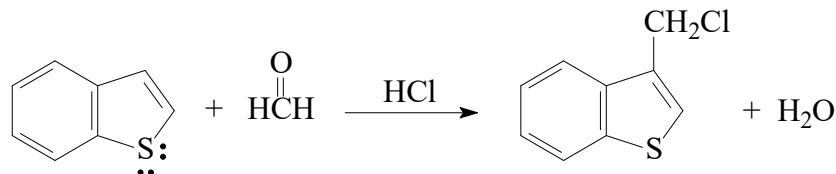
مراحل التفاعل:



- إذا كانت المجموعة البديلة ساحبة للإلكترونات: عندها ستكون الحلقة غير المتجانسة خاملة، وتتم عملية عندئذ على حلقة البنزن.

### ت- تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلى على البنزوثيريوفين:

يتم توجيه تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلى في البنزوثيريوفين إلى الموقع 3 و 2 إلا أن الموقع 3 أكثر فعالية من الموقع 2 . ، كما في المثال التالي:



حالات أخرى لتفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلية على البنزوثيريوفين المستبدل في الحلقة غير المتجانسة:

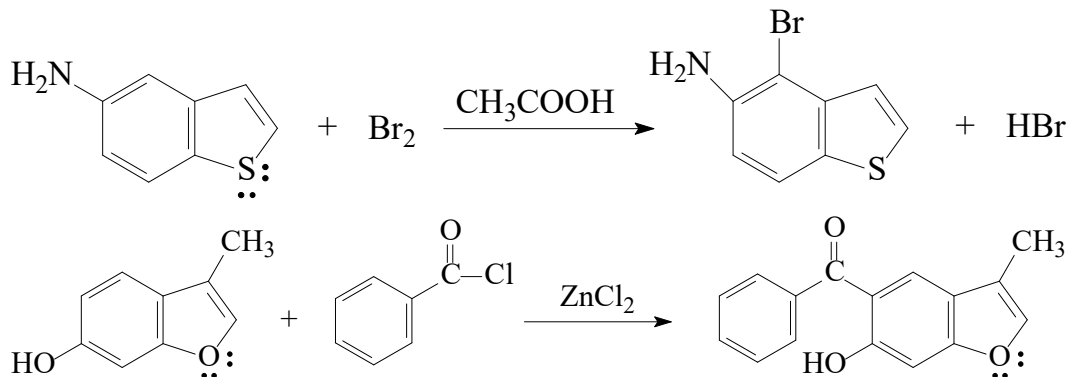
إذا كان البنزوثيريوفين مستبدلاً في الموقع 3 (الموقع 3 مشغول)، هنا يتم توجيه التفاعل حسب نوع المجموعة البديلة وفق حالتين:

- إذا كانت المجموعة البديلة مانحة للإلكترونات: عندها يتم توجيه التفاعل إلى الموقع 2 كما في الإندول.

- إذا كانت المجموعة البديلة ساحبة للإلكترونات: عندها ستكون الحلقة غير المتجانسة خاملة، وتتم عملية عندئذ على حلقة البنزن.

### 3- تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلي على البيرولات والثيوفينات الأروماتية ثنائية الحلقة والمستبدلة في الحلقة البنزينية:

عند ارتباط الحلقة البنزينية في البيرولات والثيوفينات بمجموعة مانحة للإلكترونات، عندها يتم تفاعل الاستبدال الإلكتروفيلي على الحلقة البنزينية حتى ولو كانت الحلقة غير المتجانسة مرتبطة بمجموعة مانحة أو ساحبة للإلكترونات.



أما عند ارتباط الحلقة البنزينية في البيرولات والثيوفينات بمجموعة ساحبة للإلكترونات عندها حصراً سيتم تفاعل الاستبدال الإلكتروفيلي على الحلقة غير المتجانسة (لأن حلقة البنزن تكون في هذه الحالة خاملة).