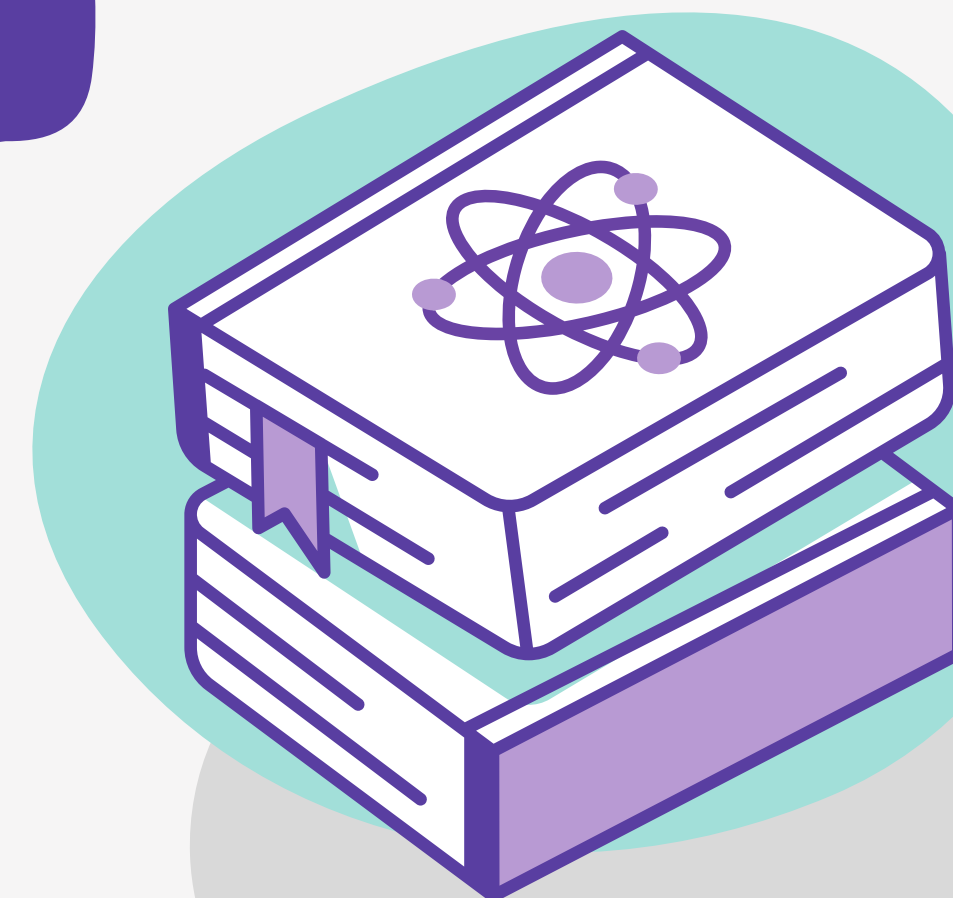


Reações de Substituição em

Compostos Aromáticos

HALOGENAÇÃO de anéis aromáticos



O que são compostos aromáticos?

Compostos aromáticos, também conhecidos como **arenos**, são hidrocarbonetos que possuem um ou mais anéis benzênicos (anéis de seis átomos de carbono com ligações duplas alternadas). Eles são caracterizados por sua **estabilidade química** e propriedades únicas, como odores característicos. Exemplos incluem **benzeno, tolueno e naftaleno**.

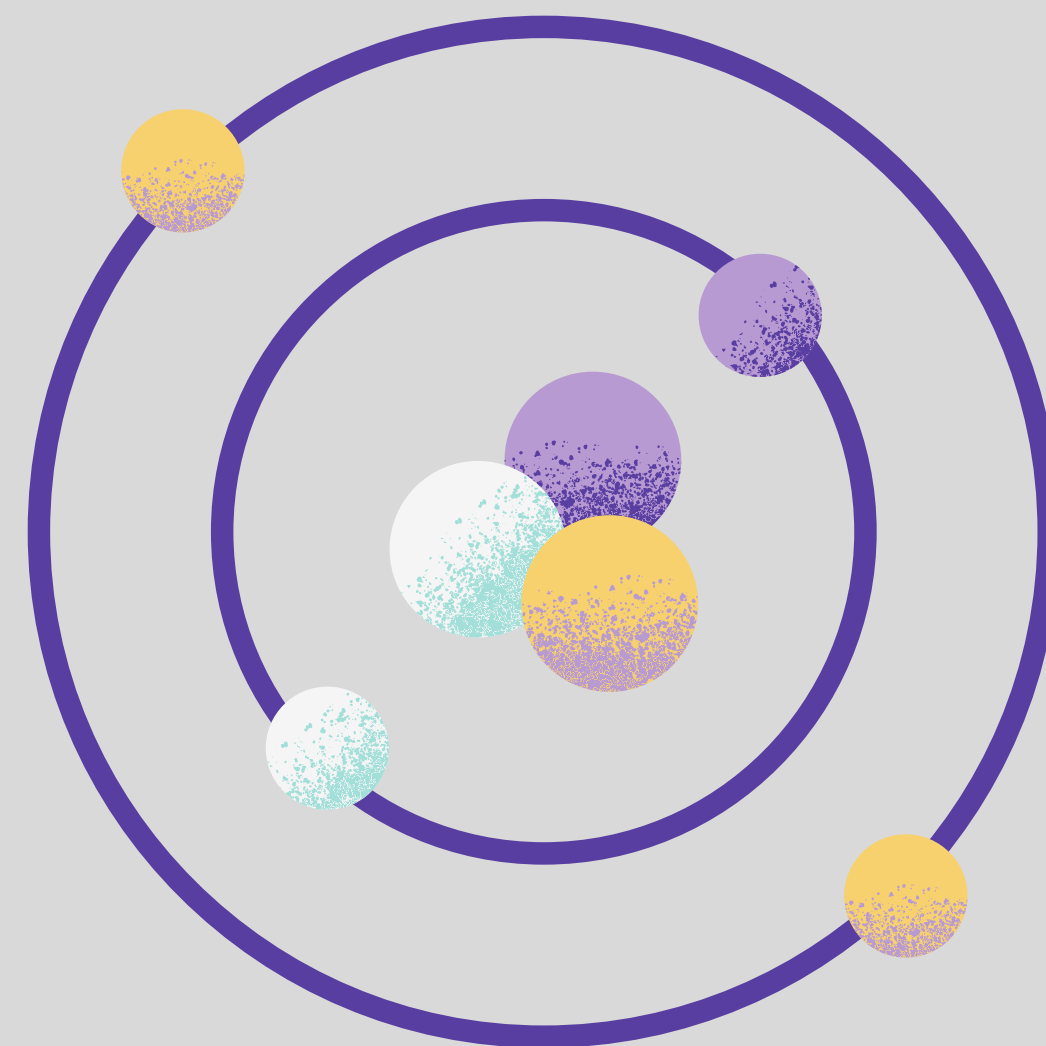
O que é a ressonância eletrônica em compostos aromáticos?

A ressonância eletrônica é a **deslocalização dos elétrons π** (pi) das ligações duplas em um anel aromático, resultando em uma **estrutura híbrida** que é mais estável do que qualquer uma das estruturas individuais. Esse fenômeno é representado por círculos no centro do anel, indicando a distribuição uniforme dos elétrons. Em resumo, é o **deslocamento contínuo dos elétrons** das ligações π de uma molécula, sem alterar a posição dos átomos.



Características dos compostos aromáticos em relação à estabilidade química

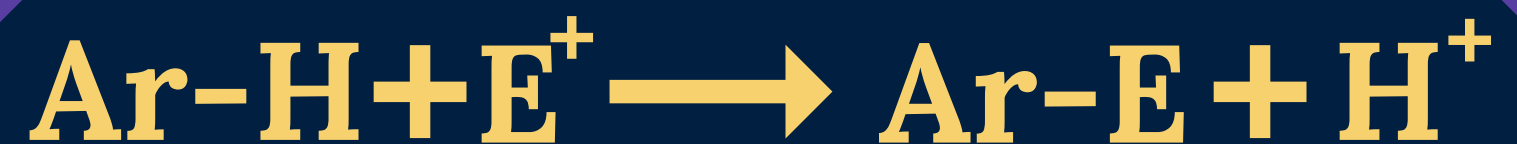
Os compostos aromáticos são especialmente estáveis devido à ressonância eletrônica, que **distribui os elétrons π** de forma uniforme pelo anel, tornando-os **menos reativos** do que outros **hidrocarbonetos insaturados**. Essa estabilidade significa que os compostos aromáticos geralmente resistem a **reações de adição**, preferindo reações de **substituição eletrofílica**.



O que é a substituição eletrofílica dos compostos aromáticos?

A substituição eletrofílica é um tipo de reação química em que um átomo ou grupo de átomos em um anel aromático é **substituído por um eletrófilo** (uma espécie que busca elétrons). Essa reação é comum em compostos aromáticos devido à presença de **elétrons π deslocalizados no anel**. De modo geral, é uma reação química em que um eletrófilo substitui um grupo, normalmente o **hidrogênio**, em um composto orgânico.

Equação química genérica da substituição eletrofílica dos compostos aromáticos



Onde:

Ar-H é o composto aromático original;

E⁺ é o eletrófilo;

Ar-E é o produto substituído;

H⁺ é o próton liberado.

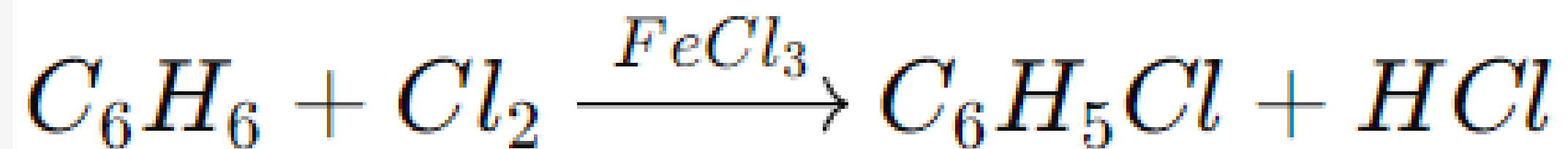
HALOGENAÇÃO de anéis aromáticos

A halogenação de anéis aromáticos é uma reação de **substituição eletrofílica aromática** (SEA) na qual um átomo de hidrogênio no anel aromático é substituído por um átomo de **halogênio** (como **cloro, bromo ou iodo**). A reação é catalisada por ácidos de **Lewis** e é amplamente utilizada na síntese de compostos orgânicos.

Reagentes e Condições de Reação

Para a halogenação de anéis aromáticos, geralmente utilizamos halogênios como cloro (**Cl₂**) ou bromo (**Br₂**) em presença de um catalisador **ácido de Lewis**, como o cloreto de ferro (**FeCl₃**) ou o brometo de ferro (**FeBr₃**). A reação é realizada em condições de luz para iniciar a formação do radical livre do halogênio.

Exemplo de Reação: Para a cloração do benzeno:



Mecanismo de reação e possíveis produtos formados

A halogenação segue o mecanismo geral de substituição eletrofílica aromática. O mecanismo pode ser dividido em quatro etapas principais:

Formação do complexo ativado;
Ataque eletrofílico;
Desprotonação;
Regeneração do catalisador.



Exemplo de halogenação do benzeno

Reagentes:

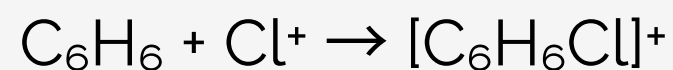
Benzeno (C_6H_6) e Cloro (Cl_2) | Catalisador: cloreto de ferro (III) (FeCl_3)

Mecanismo da Reação:

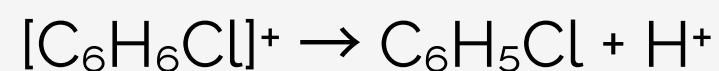
Formação do complexo ativado: $\text{Cl}_2 + \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Cl}^+ + \text{FeCl}_4^-$

O cloro reage com o cloreto de ferro (III), formando o íon cloro (Cl^+), que é o eletrófilo.

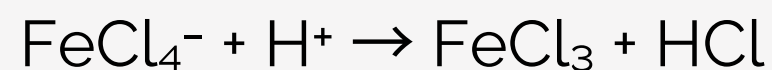
Ataque eletrofílico: O íon cloro (Cl^+) ataca o anel benzênico, formando um complexo sigma:



Desprotonação: O complexo sigma libera um próton (H^+), restaurando a aromaticidade do anel:



Regeneração do catalisador: O íon FeCl_4^- reage com o próton liberado para regenerar o catalisador:



Produto Final:

Haleta de Arila, exemplo:
Clorobenzeno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$) e
Ácido clorídrico (HCl)

Aplicação e Importância



Indústria Química: Haletos de arila são precursores importantes para a síntese de compostos orgânicos, como **pesticidas, corantes, fármacos, e polímeros**.

Fármacos: Muitos medicamentos contêm anéis aromáticos halogenados, como o **paracetamol**, que tem um grupo bromo em sua estrutura.

Agronegócio: Produtos como o **DDT** (dicloro-difenil-tricloroetano) foram produzidos por halogenação para o controle de pragas.

Importância Ambiental: A halogenação também é usada na modificação de compostos para aumentar sua estabilidade e resistência à degradação, mas o uso excessivo de haletos orgânicos pode causar poluição ambiental.

Questão do ENEM/Vestibulares

(ENEM 2015) - A halogenação do benzeno é uma reação de substituição eletrofílica aromática que resulta na formação de haletos de arila. A presença de um catalisador é essencial para ativar o halogênio e torná-lo reativo o suficiente para atacar o anel aromático.

Qual das alternativas abaixo descreve corretamente o papel do catalisador na halogenação do benzeno?







- A) O catalisador forma um complexo com o anel aromático, aumentando sua reatividade.
- B) O catalisador ativa o halogênio, formando um eletrófilo capaz de atacar o anel aromático.
- C) O catalisador reage com o produto final, liberando energia para completar a reação.
- D) O catalisador promove a eliminação de um hidrogênio do anel, facilitando a substituição por um halogênio.
- E) O catalisador altera a estrutura do benzeno, permitindo que ele reaja diretamente com o halogênio.

Resolução

Resposta: B) O catalisador ativa o halogênio, formando um eletrófilo capaz de atacar o anel aromático.

O papel do catalisador, como **FeCl₃** (Cloreto de Ferro), é formar o eletrófilo **Cl⁺**, que é suficientemente reativo para atacar o anel aromático. Ele não interage diretamente com o benzeno ou o produto final, mas sim com o halogênio, facilitando a reação.

Referências Bibliográficas

-  **Brasil Escola** - Compostos Aromáticos
-  **Brasil Escola** - Reações Orgânicas de Halogenação
-  **Só Química** - Ressonância
-  **Maestrovirtuale** - Hidrocarbonetos aromáticos: características e propriedades
-  **Unicamp** - Química Orgânica I (Engenharia Química)
-  **Teachy** - Resumo de Introdução a Química Orgânica: Compostos Aromáticos



Obrigado!

Por:

Julio Cesar

Gustavo Santos

Gustavo Minami

Pedro Ferreira

Nicolas Thomaz