

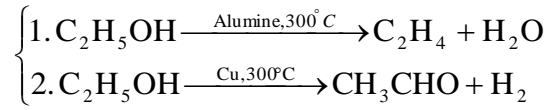
جامعة العربي بن مهدي-أم البواقي
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة
قسم علوم المادة
المادة: كيمياء السطوح والتحفيز
السنة الثالثة كيمياء أساسية

الأستاذ: حفصي السعيد

عنوان الدرس: التحفيز الغير متجانس

I. مقدمة

1. لا ينتمي المحفز في هذه الحالة إلى نفس الطور الذي تنتمي إليه المتفاعلات، حيث يكون المحفز على شكل مادة صلبة، في حين، تكون المتفاعلات على شكل غاز أو سائل.
2. يجرى التفاعل الكيميائي على سطح المحفز، ويطلق على هذه الظاهرة بالامتزاز.
3. تعتمد سرعة التفاعل أساسا على مساحة سطح المحفز، وبشكل أدق على سطح الامتزاز.
4. تعتمد نواتج التفاعل على نوع المحفز، لذا يعتبر التحفيز الغير متجانس، عملية انتقائية، والأمثلة التالية توضح ذلك:



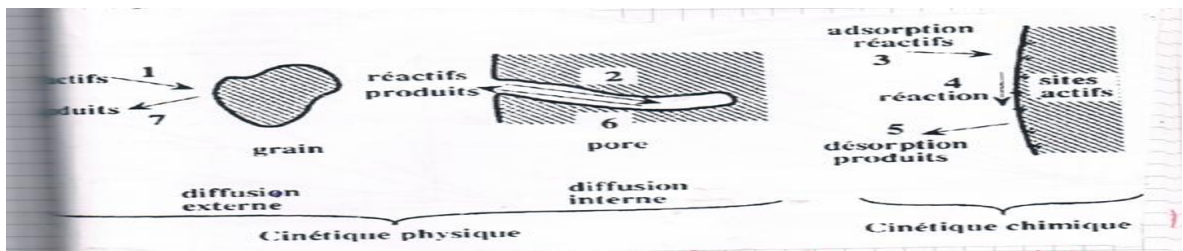
5. تلعب المحفزات دورا هاما في الصناعة، خاصة الببتروكيميائية منها.
6. تدخل ضمن المحفزات الغير متجانسة الصلبة:
 - المعادن: Cu، Ni، Pt، Pd... الخ.
 - الأملاح: السيليكات، الفوسفات... الخ.
 - الأكاسيد المعدنية، الكبريتيدات المعدنية... الخ.
 - الفحم النشط.

II. آلية التحفيز

يمر التحفيز الغير متجانس بالمراحل التالية:

1. انتشار خارجي: تغطية المتفاعلات للسطح الخارجي للمحفز
2. انتشار داخلي: هجرة المتفاعلات داخل المسامات
3. امتزاز المتفاعلات
4. تفاعل سطحي
5. انتزاز النواتج
6. انتشار داخلي للنواتج (داخل المسامات)
7. انتشار خارجي للنواتج

ويمكن توضيح العمليات السابقة في الشكل 1:



الشكل 1: مراحل التحفيز الغير متجانس.

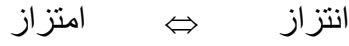
III. نماذج التحفيز الغير متجانس

III.1. نموذج Langmuir-Hinshelwood

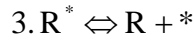
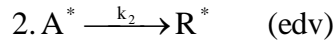
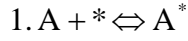
يرتكز هذا النموذج على الفرضيات التالية:

1. يخضع امتزاز النماذج (الأنماط) الكيميائية الموجودة على سطح المحفز لنموذج Langmuir، أي نموذج أحادي الطبقة، بحيث كل مواقع الامتزاز تملك نفس الطاقة.
2. مراحل الامتزاز والانتزاز سريعة جدا مقارنة بمرحلة التحول الكيميائي والتي تحدد سرعة التفاعل (المرحلة البطيئة) (edv) Etape déterminante de la vitesse
3. التحول الكيميائي يعني فقط النماذج الكيميائية الممتزة ومواقع الامتزاز الحرة.

عند الشروط المذكورة سابقا، يحصل اتزان:



أ. تفاعل أحادي الجزيء



$$V = k_2 [A^*] = k_2 N_0 \theta_A = k \theta_A \quad (1)$$

حيث، N_0 : العدد الكلي لمواقع الامتزاز الموجود في وحدة كتلة أو وحدة مساحة للمحفز الصلب.

*: موقع امتزاز

من جهة أخرى وحسب نموذج Langmuir، فإن:

$$\theta_i = \frac{K_{L,i} P_i}{1 + \sum K_{L,i} P_i} \quad (2)$$

إذن في هذه الحالة:

$$\theta_A = \frac{K_{L,A} P_A}{1 + \sum K_{L,i} P_i} \quad (3)$$

ومنه:

$$V = k \frac{K_{L,A} P_A}{1 + K_{L,A} P_A + K_{L,R} P_R} \quad (4)$$

أ. امتزاز ضعيف لـ R: $K_{L,R} P_R \ll K_{L,A} P_A$

$$V = k \frac{K_{L,A} P_A}{1 + K_{L,A} P_A} \quad (5)$$

ب. امتزاز ضعيف لـ A: $K_{L,A} P_A \ll 1$

$$V = k K_{L,A} P_A \quad (6)$$

التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة لـ A، وبالتالي: $V \propto P_A$

ت. امتزاز قوي لـ R

$$V = k \frac{K_{L,A} P_A}{K_{L,R} P_R} = K P_A P_R^{-1} \quad (7)$$

التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة لـ A و -1 بالنسبة لـ R. وبالتالي فإن R يلعب دور المثبط، إذ أنه يشغل مواقع الامتزاز ولا يتركها بسهولة ليشغلها المتفاعل A. نقول في هذه الحالة، أن المحفز تسمم.

ب. تفاعل ثنائي الجزيء

1. $A + * \rightleftharpoons A^*$
2. $B + * \rightleftharpoons B^*$
3. $A^* + B^* \xrightarrow{k_3} R^* + *$ (edv)
4. $R^* \rightleftharpoons R + *$

*: موقع امتزاز

في هذه الحالة، يحصل التفاعل بين النماذج الممتزة A^* و B^* .

$$V = k_3 [A^*][B^*] = k_3 N_0 \theta_A N_0 \theta_B = k_3 N_0^2 \theta_A \theta_B \quad (1)$$

$$V = k \theta_A \theta_B \quad (2)$$

$$V = k \frac{K_{L,A} P_A K_{L,B} P_B}{(1 + K_{L,A} P_A + K_{L,B} P_B + K_{L,R} P_R)^2} \quad (3)$$

$$K = k K_{L,A} K_{L,B} \quad (4) \quad \text{نضع}$$

ومنه:

$$V = K \frac{P_A P_B}{(1 + K_{L,A} P_A + K_{L,B} P_B + K_{L,R} P_R)^2} \quad (5)$$

أ. امتزاز ضعيف لـ R

$$V = K \frac{P_A P_B}{(1 + K_{L,A} P_A + K_{L,B} P_B)^2} \quad (6)$$

ب. امتزاز قوي لـ A و B: $K_{L,B} P_B \gg 1, K_{L,A} P_A \gg 1$

$$V = K \frac{P_A P_B}{(K_{L,A} P_A + K_{L,B} P_B)^2} \quad (7)$$

$$V = K \frac{P_A P_B}{P_A^2 \left(K_{L,A} + K_{L,B} \frac{P_B}{P_A} \right)^2} = \frac{K}{P_A} \frac{P_B}{\left(K_{L,A} + K_{L,B} \frac{P_B}{P_A} \right)^2} \quad (8)$$

$$x = \frac{P_B}{P_A} \quad (9) \text{ نضع}$$

$$V = \frac{Kx}{\left(K_{L,A} + K_{L,B} x \right)^2} \quad (10)$$

تمر السرعة بقيمة أعظمية، عندها:

$$\left(\frac{dV}{dx} \right)_{x=x_1} = 0 \quad (11)$$

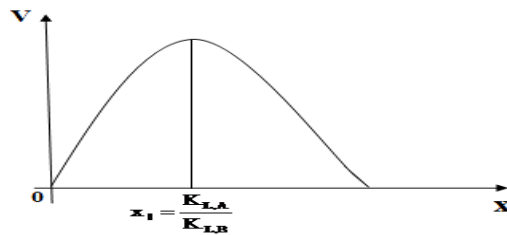
ومنه نحصل على:

$$x_1 = \frac{K_{L,A}}{K_{L,B}} \quad (12)$$

من العلاقتين (9) و (12)، نحصل على:

$$K_{L,A} P_A = K_{L,B} P_B \quad (13)$$

العلاقة (13)، تعني أنه عندما يكون $K_{L,A} P_A = K_{L,B} P_B$ ، فإن $\theta_A = \theta_B$ ، أي A و B يشغلان نفس العدد من مواقع الامتزاز، مما يؤدي إلى تشكل أكبر عدد ممكن من الأزواج (A,B)، حينها تأخذ السرعة قيمتها الحدية (القصى) (الشكل 2).



الشكل 2: تغيير السرعة بدلالة العامل x.

ت. امتزاز قوي لـ A و ضعيف لـ B (أو العكس).

$$\begin{aligned} K_{L,A} P_A &\gg K_{L,B} P_B \\ K_{L,A} P_A &\gg 1 \end{aligned} \quad (14)$$

$$V = k \frac{K_{L,A} P_A K_{L,B} P_B}{(K_{L,A} P_A)^2} \quad (15)$$

$$V = k \frac{K_{L,A} K_{L,B} P_B}{(K_{L,A})^2 P_A} = K P_A^{-1} P_B \quad (16)$$

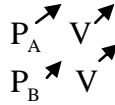
التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة لـ B و -1 بالنسبة لـ A، وبالتالي: $V \propto P_A^{-1}$. يعتبر A مثبت للفاعل.

ث. امتزاز ضعيف لكل من A و B

$$\begin{aligned} K_{L,B} P_B &\ll 1 \\ K_{L,A} P_A &\ll 1 \end{aligned} \quad (17)$$

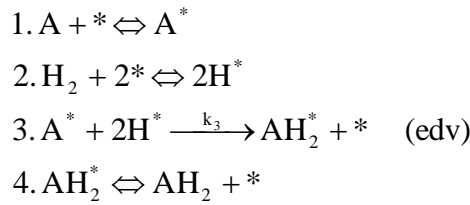
$$V = k K_{L,A} K_{L,B} P_A P_B = K' P_A P_B \quad (18)$$

التفاعل من الرتبة الأولى لكل من A و B.



ت. حالة امتزاز مفكك

نجد مثل هذه الحالة، مثلا في تفاعلات هدرجة المركبات الغير مشبعة (الفحميات)
الآلية:



$$V = k_3 [A^*] [H^*]^2 \quad (1)$$

$$[A^*] = N_0 \theta_A; [H^*] = N_0 \theta_H$$

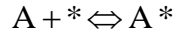
N_0 : العدد الكلي لمواقع الامتزاز في وحدة مساحة أو وحدة كتلة للمحفز الصلب.

$$V = k_3 N_0^3 \theta_A \theta_H^2 = k \theta_A \theta_H^2 \quad (2)$$

$$\theta_0 = 1 - \theta_A - \theta_H - \theta_{AH_2} \quad (3)$$

θ_0 : نسبة المواقع الشاغرة

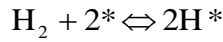
دراسة امتزاز A



$$K_{L,A} P_A \underbrace{(1 - \theta_A - \theta_H - \theta_{AH_2})}_{\theta_0} = \theta_A \quad (4) \text{ عند الاتزان:}$$

$$K_{L,A} P_A \theta_0 = \theta_A \quad (5)$$

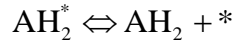
دراسة امتزاز H₂



$$K_{L,H_2} P_{H_2} (1 - \theta_A - \theta_H - \theta_{AH_2})^2 = \theta_H^2 \quad (6) \text{ عند الاتزان:}$$
$$1 - \theta_A - \theta_H - \theta_{AH_2} = \theta_0$$

$$K_{L,H_2} P_{H_2} \theta_0^2 = \theta_H^2 \quad (7)$$

بالنسبة لـ AH₂



$$K_{L,AH_2} P_{AH_2} (1 - \theta_A - \theta_H - \theta_{AH_2}) = \theta_{AH_2} \quad (8)$$
$$1 - \theta_A - \theta_H - \theta_{AH_2} = \theta_0$$

$$K_{L,AH_2} P_{AH_2} \theta_0 = \theta_{AH_2} \quad (9)$$

$$\theta_0 + \theta_A + \theta_H + \theta_{AH_2} = 1 \quad (10)$$

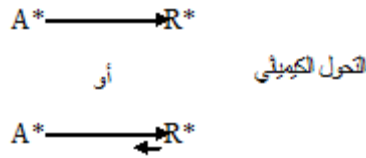
$$\theta_0 + K_{L,A} P_A \theta_0 + \theta_0 \sqrt{K_{L,H_2} P_{H_2}} + \theta_0 K_{L,AH_2} P_{AH_2} = 1 \quad (11)$$

$$\theta_0 = \frac{1}{1 + K_{L,A} P_A + \sqrt{K_{L,H_2} P_{H_2}} + K_{L,AH_2} P_{AH_2}} \quad (12)$$

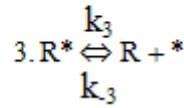
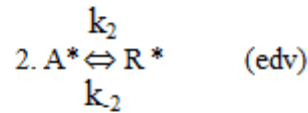
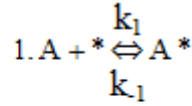
$$V = k \theta_A \theta_H^2 = k \frac{K_{L,A} P_A + K_{L,H_2} P_{H_2}}{(1 + K_{L,A} P_A + \sqrt{K_{L,H_2} P_{H_2}} + K_{L,AH_2} P_{AH_2})^3} \quad (13)$$

ث. التفاعلات المتزنة

اعتبرنا في الأمثلة السابقة أن مرحلة edv عبارة تفاعل غير عكوسي أو عكوسي، لكن التفاعل في الاتجاه المعاكس مهم، أي:



هناك بعض التفاعلات يكون فيها التحول الكيميائي عبارة عن تفاعل متزن، أي:



$$V = k_2[A^*] - k_{-2}[R^*] \quad (1)$$

$$V = k_2'\theta_A - k_{-2}'\theta_R \quad (2) \quad k_2' = k_2N_0; k_{-2}' = k_{-2}N_0$$

N_0 : العدد الكلي لمواقع الامتزاز في وحدة مساحة أو وحدة كتلة للمحفز الصلب.

$$V = k_2' \frac{K_{L,A} P_A}{(1 + K_{L,A} P_A + K_{L,R} P_R)} - k_{-2}' \frac{K_{L,R} P_R}{(1 + K_{L,A} P_A + K_{L,R} P_R)} \quad (3)$$

عند الاتزان $V=0$ ، ومنه:

$$k_2' K_{L,A} P_A^{eq} - k_{-2}' K_{L,R} P_R^{eq} = 0 \quad (4)$$

$$\left(\frac{P_R}{P_A} \right)_{eq} = \frac{k_2' K_{L,A}}{k_{-2}' K_{L,R}} = K \frac{K_{L,A}}{K_{L,R}} = K_{AR} \quad (5)$$

K : ثابت الاتزان للتفاعل السطحي (التحول الكيميائي).

K_{AR} : ثابت الاتزان للتفاعل الكلي، وهو يحتوي على ثوابت الاتزان للمراحل الثلاث المكونة للآلية.

ملاحظة

في التفاعلات السابقة، اعتبرنا أن مواقع الامتزاز متماثلة (متجانسة)، لكن قد يحدث وأن تكون هذه المواقع غير متجانسة. معناه، أن مواقع امتزاز A تختلف عن مواقع امتزاز B.

1. $A + * \rightleftharpoons A^*$
2. $B + *' \rightleftharpoons B^{*'}$
3. $A^* + B^{*'} \xrightarrow{k_3} R^* + *'$ (edv)
4. $R^* \rightleftharpoons R + *$

$$V = k_3 [A^*][B^{*'}] = k \theta_A^* \theta_B^{*'}$$
 (1)

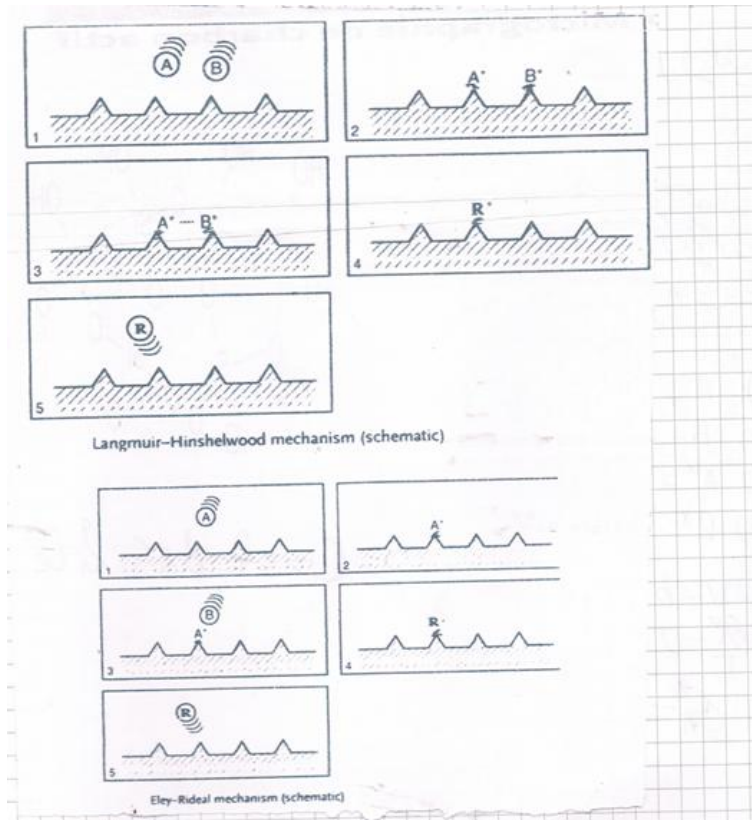
إذا اعتبرنا أن امتزاز R ضعيف، فإن:

$$\theta_A^* = \frac{K_{L,A} P_A}{1 + K_{L,A} P_A}; \theta_B^{*' } = \frac{K_{L,B} P_B}{1 + K_{L,B} P_B}$$
 (2)

$$V = k \frac{K_{L,A} P_A}{1 + K_{L,A} P_A} \times \frac{K_{L,B} P_B}{1 + K_{L,B} P_B}$$
 (3)

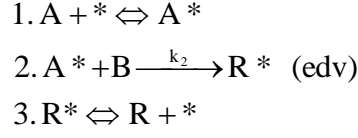
III.2 نموذج Eley-Rideal

إذا كان نموذج Langmuir-Hinshelwood يتطلب امتزاز الأنماط الكيميائية المتفاعلة للحصول على التحول الكيميائي، فإن نموذج Eley-Rideal يتحقق فقط عن طريق التفاعل بين نمط كيميائي ممتز ونمط ثاني غير ممتز وفي الحالة الغازية. والشكل (3) يوضح الفرق بين النموذجين Eley-Rideal و Langmuir-Hinshelwood.



الشكل 3: تمثيل آلية كل من Langmuir-Hinshelwood و Eley-Rideal.

آلية Eley-Rideal



$$V = k_2 [A^*] P_B = k_2 N_0 \theta_A P_B = k \theta_A P_B \quad (1)$$

$$V = k \frac{K_{L,A} P_A P_B}{1 + K_{L,A} P_A + K_{L,R} P_R} \quad (2)$$

أ. امتزاز ضعيف لـ R: $K_{L,R} \ll 1$

$$V = k \frac{K_{L,A} P_A P_B}{1 + K_{L,A} P_A} \quad (3)$$

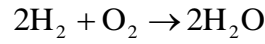
ب. امتزاز قوي لـ A: $K_{L,A} P_A \gg 1$

$$V = k P_B \quad (4)$$

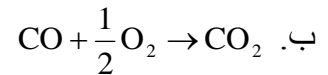
في هذه الحالة الأخيرة، تزداد سرعة التفاعل بشكل متواصل عندما يزداد ضغط النمط B، وهذا عكس آلية Langmuir-Hinshelwood، حيث أن السرعة تمر بقيمة أعظمية.

أمثلة عن النموذجين

أ. تفاعل اصطناع H_2O انطلاقاً من غاز الأوكسجين وغاز الهيدروجين.



	<u>ixX</u>	<u>ixX</u>
i	1	1
1. $O_2 + 2* \rightleftharpoons 2O^*$	2	0
2. $H_2 + 2* \rightleftharpoons 2H^*$	2	0
3. $H^* + O^* \rightleftharpoons OH^* + *$	2	0
4. $H_2 + O^* \rightleftharpoons H_2O + *$	0	2
	<u>Langmuir-Hinshelwood</u>	<u>Eley-Rideal</u>



آلية **Langmuir-Hinshelwood**

1. $O_2 + 2* \rightleftharpoons 2O^*$
2. $CO + * \rightleftharpoons CO^*$
3. $CO^* + O^* \rightarrow CO_2^* + *$ (edv)
4. $CO_2^* \rightleftharpoons CO_2 + *$

آلية Eley-Rideal

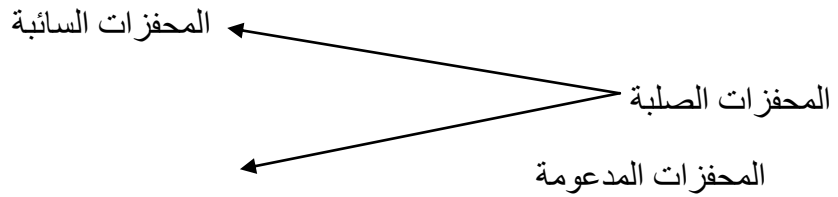
1. $O_2 + 2* \rightleftharpoons 2O^*$
2. $CO + O^* \rightarrow CO_2^*$ (edv)
3. $CO_2^* \rightleftharpoons CO_2 + *$

IV. طرق تحضير المحفزات الصلبة

إن الاستعمال المباشر للمحفزات الصلبة في عملية تحفيز التفاعلات الكيميائية، يطرح في بعض الحالات عدة مشاكل تقنية والتي يتعين حلها:

1. فصل المحفز الصلب عن المواد الناتجة، إذ أن في العادة يكون المحفز على شكل مسحوق.
2. إعادة تدوير المحفز بعد انتهاء التفاعل.

ولتخطي هذه العقبات، يثبت المحفز على دعامة مناسبة.



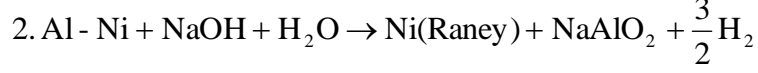
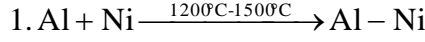
ج. المحفزات السائبة

في هذه الحالة، تستعمل المادة الفعالة مباشرة وبدون دعامة. نجد في عدد النوع من المحفزات، المعادن والمثال على ذلك، نيكل Raney .Nickel de Raney

نيكل Raney، محفز صلب يستعمل في كثير من التحولات الصناعية، خاصة في تفاعلات الهدرجة.

نيكل Raney عبارة عن مسحوق رمادي اللون، يتشكل من سبيكة من Ni و Al. وقد تم تطوير هذا المحفز من طرف المهندس الأمريكي Raney سنة 1926م لغرض هدرجة الزيوت النباتية. يحضر نيكل Raney عن طريق معالجة سبيكة من Ni و Al باستعمال محلول NaOH. خلال عملية المعالجة (التنشيط)، يتحلل معظم الألمونيوم الموجود في السبيكة، ليتشكل ألومينات الصوديوم $NaAlO_2$. نحصل على مادة مسامية ذات سطح نوعي مرتفع. يحتوي نيكل Raney على 85% (كتلة) Ni. نيكل

Raney شديد الاشتعال، وبالتالي، يستلزم العمل تحت جو محايد. يمر تحضير نيكل Raney بالمرحلة التالية:



بعد التبريد، تسحق السبيكة ثم تغريل، لنحصل على مسحوق (حبيبات ذات أبعاد 40µm-80µm) ذو بنية تشبه الإسفنج، وذو مسامات 2nm-8nm.

ح. تحضير الدعامة

المواد الأكثر استعمالاً لتحضير الدعامة، هي:

1. الفحم النشط

يحضر الفحم النشط انطلاقاً من مواد عضوية غنية بعنصر الكربون: الخشب، نوى الفواكه، نوى الزيتون، نوى التمر، عظام الحيوانات، ريش الطيور، الدم، الجلود، الفحم الحجري، الإسفلت... الخ. يتكون الفحم النشط في المعدل على:

6-7 % O ; 0,5 % N ; 0,5 % H ; 88 % C، والباقي عبارة عن عناصر معدنية.

بفضل مساحته النوعية المرتفعة، فإن الفحم النشط بإمكانه امتزاز مواد عضوية من السوائل، وكذا امتزاز الغازات.

أ. تحضير الفحم النشط

A. التنشيط الكيميائي

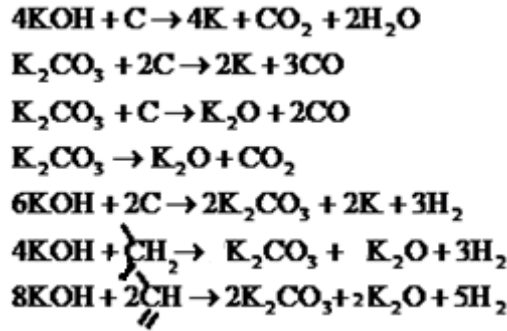
- تطحن المادة العضوية الغنية بعنصر الكربون، ثم تغريل.
- ينقع المسحوق السابق في محلول مائي من إحدى المركبات التالية:
NaOH, KOH, ZnCl₂, H₂SO₄, H₃PO₄
- التفحيم والتنشيط، وهما عمليتان تتمان في مرحلة واحدة عند درجات حرارة 400°C-800°C وفي جو خالي من غاز الأكسجين.
- تبريد
- معالجة الفحم بمحلول HCl للتخلص من الأملاح المتشكلة والقاعدة المتبقية (في حالة استعمال NaOH أو KOH).
- تنظيف الفحم بالماء المقطر عدة مرات.
- الكشف عن وجود Cl⁻، باستعمال محلول مائي من AgNO₃.
- تجفيف.

يصنف الفحم النشط حسب أبعاد الحبيبات:

- فحم على شكل مسحوق: 1µm-100µm. ويستعمل في معالجة السوائل.

- فحم على شكل مسحوق: 0,5mm-10mm. ويستعمل في معالجة الغازات.

في حالة استعمال KOH كعامل منشط، تحصل التفاعلات التالية:



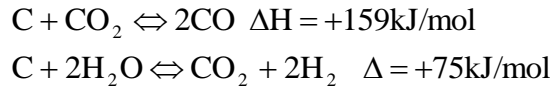
ملاحظة

- يؤدي التنشيط الكيميائي إلى تشكل فحم ذو مسامات عريضة.
- يؤدي استعمال H_2SO_4 المركز (98%) كمنشط إلى نزع الماء ثم أكسدة المواد العضوية والتخلص من المواد المعدنية.

B. التنشيط الفيزيائي

يتعلق التنشيط الفيزيائي على معالجة المادة المتفحمة في فرن درجة حرارته 800°C - 1000°C وفي جو غني بـ CO_2 و/أو H_2O (جو مؤكسد).

تحصل التفاعلات التالية:



تنتشر جزيئات CO_2 و/أو H_2O داخل البنية الخشبية (التلبيس) للفحم، فتتفاعل مع الكربون لتعطي CO و H_2 ومسامية جديدة.

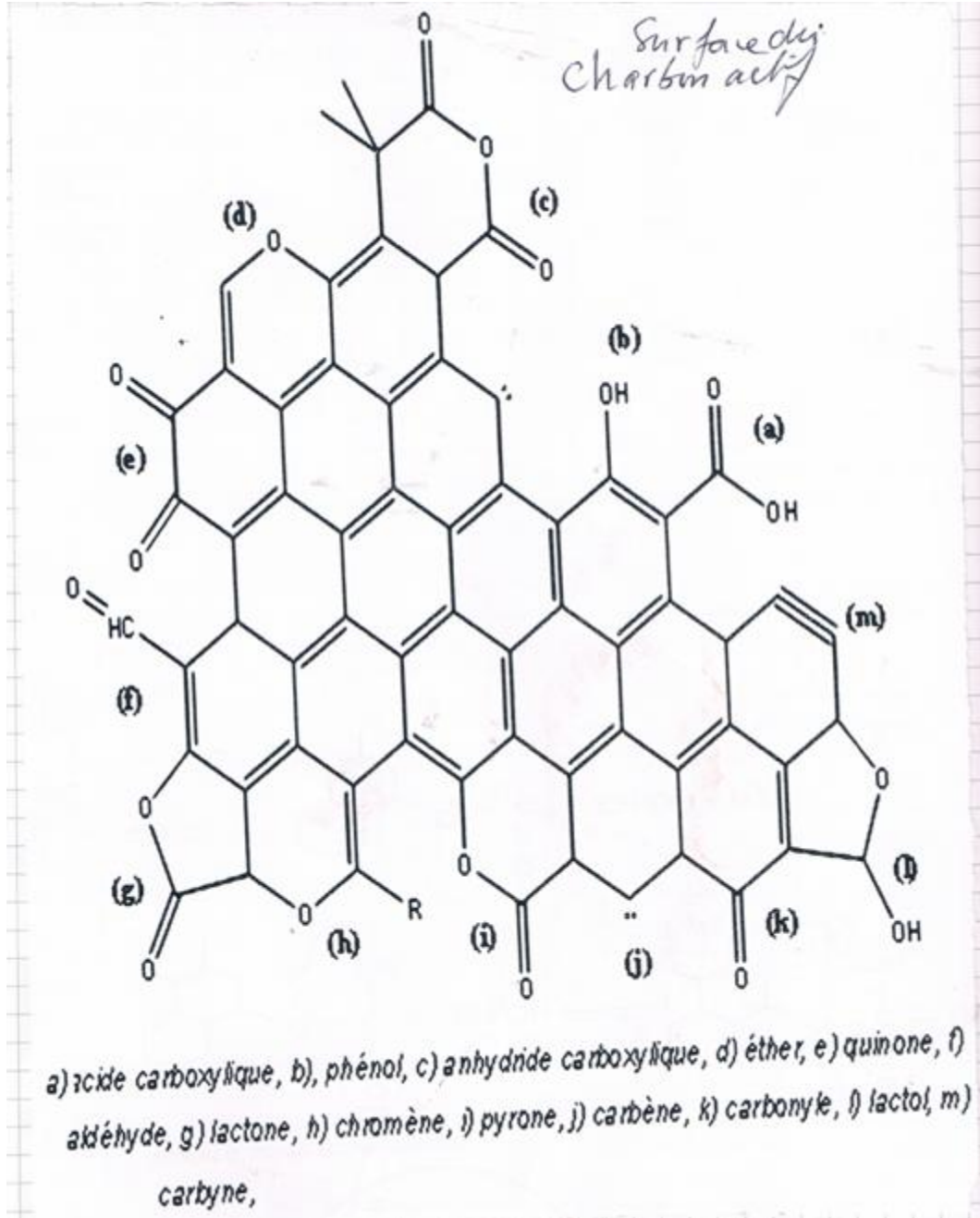
H_2O يعزز تشكل ميكرومسامات micropores و مسامات متوسطة mésopores، بينما يعزز CO_2 تشكل ميكرومسامات micropores.

C. العوامل المؤثرة على نوعية الفحم المنشيط

- طبيعة العامل المنشط
- تركيز العامل المنشط
- مدة ودرجة حرارة النقع
- مدة ودرجة حرارة التنشيط

ملاحظة

الفحم النشط عبارة عن فحميات أروماتية متعددة الحلقة، على شكل وريقات موزعة بشكل عشوائي، مع وجود مجموعات وظيفية على السطح والتي تلعب دور المواقع الفعالة (الشكل 4).



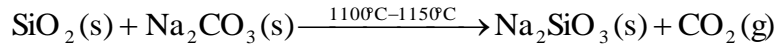
الشكل 4: المجموعات الوظيفية على فحم نشيط.

2. هلام السيليكات

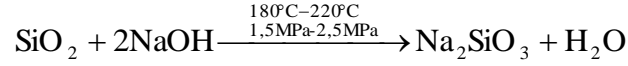
يستعمل سيليكات الصوديوم Na_2SiO_3 ، كمادة ضرورية لتحضير هلام السيليكا.

تحضير Na_2SiO_3

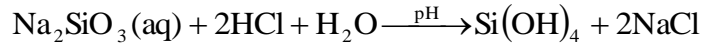
• الطريقة الحرارية



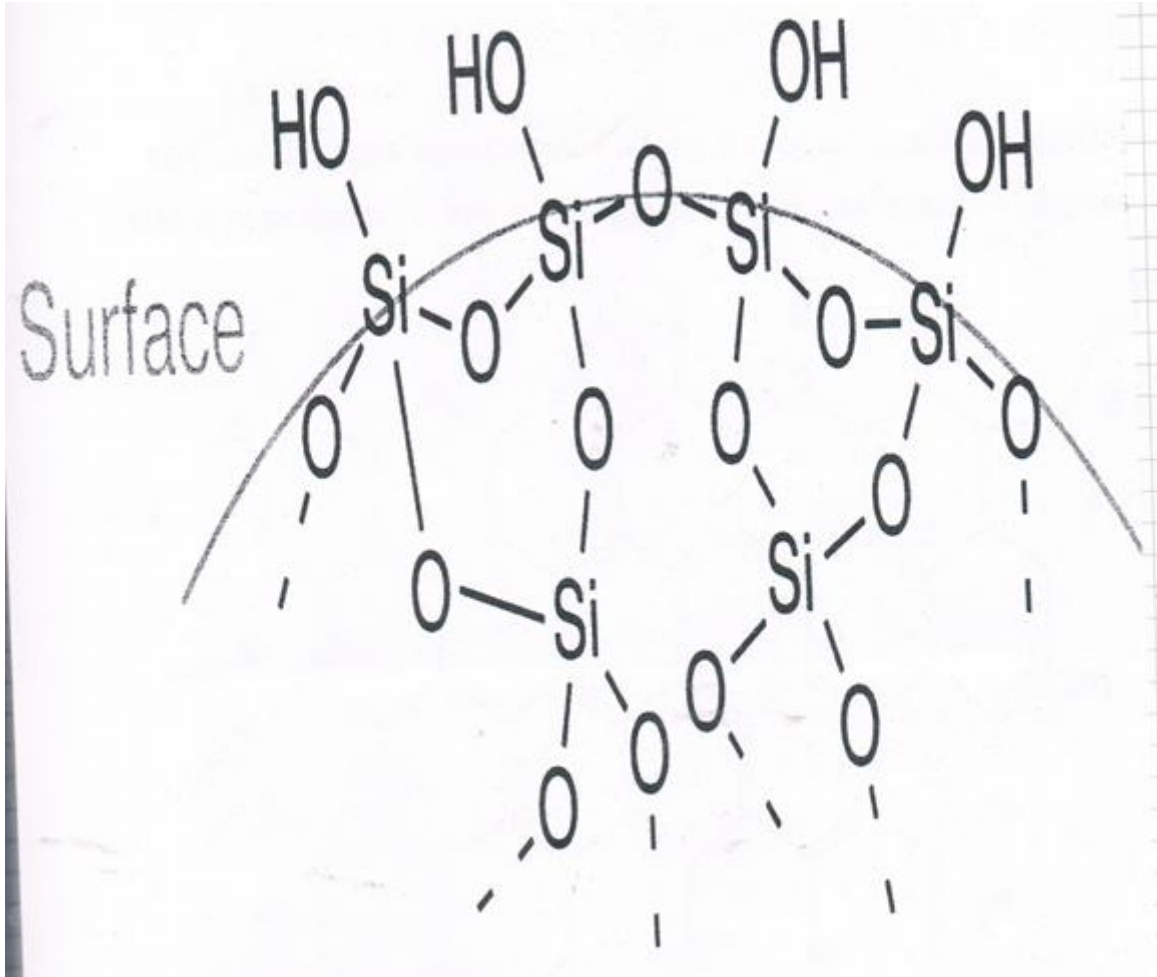
• الطريقة الحرارية-المائية



انطلاقاً من Na_2SiO_3 ، يحضر هلام السيليكا:



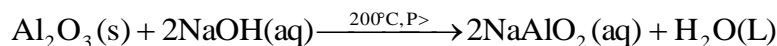
نحصل على حمض السيليسيك $\text{Si}(\text{OH})_4$. هذا الأخير يتكثف ليعطي بوليمر، يطلق عليه بهلام السيليكا (الشكل 5). تتعلق درجة المسامية بـ pH ودرجة حرارة التكثيف.



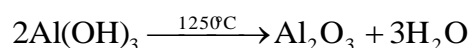
الشكل 5: هلام السيليكا.

3. الألومين Al_2O_3

يحضر الألومين من خام البوكسيت Bauxite. هذا الأخير يحتوي على 40%-60% من $Al_2O_3 \cdot xH_2O$ ، والباقي عبارة عن أكاسيد معدنية ومواد عضوية. يطحن البوكسيت ثم يمزج مع محلول NaOH عند درجة حرارة عالية وضغط مرتفع، فيتشكل $NaAlO_2$.



بعد عملية الإبانة أو الترشيح، تترسب الشوائب الغير قابلة للذوبان على شكل صلصال أحمر (غني بأكسيد الحديد Fe_2O_3)، فتفصل على المحلول السائل. يترك المحلول ليبرد بشكل تدريجي (بيطء). يضاف إليه بعد ذلك الماء، فتتناقص قاعدته، مما يؤدي إلى ظهور $Al(OH)_3$ على شكل راسب (مادة عديمة الذوبان في الماء). يسخن $Al(OH)_3$ عند درجة حرارة عالية فيتشكل Al_2O_3 .



خصائص الدعامة

- خاملة كيميائياً.
- تشكل روابط كيميائية قوية مع المحفز، دون أن يؤثر هذا على نشاطه.
- تملك مساحة نوعية مرتفعة.
- تسهل عملية انتقال المادة.

طرق تثبيت المحفز على دعامة

- الترسيب المتزامن لمادتين
- ترسيب ملح
- النقع (التشريب)

لتثبيت محفز على دعامة، لابد من تحقق شرطين أساسيين:

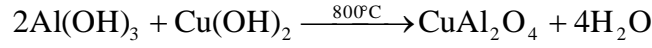
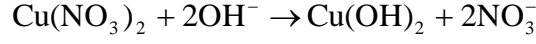
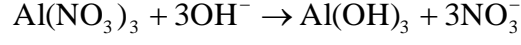
- الالتصاق الجيد محفز/دعامة
- عملية تثبيت المحفز على الدعامة لا يؤثر على نشاطه.

إن الالتحام الضعيف بين حبيبات المحفز والدعامة يؤدي إلى انفلات هذه الحبيبات. وبعبارة أخرى، فإن عملية الإجهاد المتواصل والنتاج عن التأثير المتبادل بين المائع والمحفز، لا بد أن لا تؤدي إلى عملية الكشط، الذي يسبب تعرية الدعامة. كما يسمح استعمال الدعامة بالحد من ظاهرة تجمع حبيبات المحفز (معدنية وأكاسيد) واسترجاع المحفز عند نهاية التفاعل.

أمثلة عن تحضير محفز على دعامة

- تحضير المحفز CuO المحمول على دعامة Al_2O_3 ، CuO/Al_2O_3 (أو $CuAl_2O_4$) بطريقة الترسيب المتزامن. يستعمل هذا المحفز في تفاعل تفكيك الميثيل البرتقالي.

المواد الأولية: انطلاقاً من الملحني $Al(NO_3)_3$ و $Cu(NO_3)_2$ في وسط قاعدي.

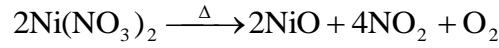


- تحضير المحفز Ni المحمول على دعامة Al_2O_3 ، Ni/Al_2O_3 بطريقة النقع.

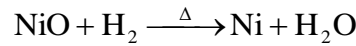
المواد الأولية: Al_2O_3 و $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$

الطريقة

- ينقع Al_2O_3 الصلب في محلول $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ، ثم يجفف عند $110^\circ C - 130^\circ C$ لمدة 24 ساعة (الحصول على كتلة ثابتة).
- ابتداء من $145^\circ C$ يبدأ الصلب بفقدان ماء البلورة.
- ابتداء من $235^\circ C$ ، يبدأ النترات في التفكك:



- تحت تيار من غاز H_2 ودرجة الحرارة $370^\circ C$ يختزل NiO ليعطي Ni :



ومنه نحصل على Ni/Al_2O_3 .