

Heterogenní katalýza

Úvod do studia katalýzy

Obsah :

- Seznámení s katalýzou**
- Příklady katalýzy z praxe**
- Teorie a pojmy v katalýze**
- Speciální témata v katalýze**
- Praxe katalýzy – katalytický experiment**
- Techniky pro – studium katalýzy**

Jak je katalýza důležitá?

1... Katalýza v průmyslu

2... Katalýza v chemické laboratoři

3... Katalýza v životním prostředí

4... Katalýza v živých organismech

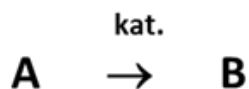
5... ?

Doplňte příklady :

Co je katalýza – možné **definice** :

1...urychlení chemické reakce další látkou, která se však sama přítom nemění

2... urychlení chemické reakce avšak beze změny jejího konečného výtěžku



Rychlost chemické reakce ... $\frac{dc_{A,B}}{dt} \sim$ rychlostní konst.

rychlost reakce ve směru přímém $\rightarrow k_1$

rychlost reakce v opačném směru $\leftarrow k_2$

Rovnovážný výtěžek reakce ... $K = \frac{k_1}{k_2}$

Doplňte :

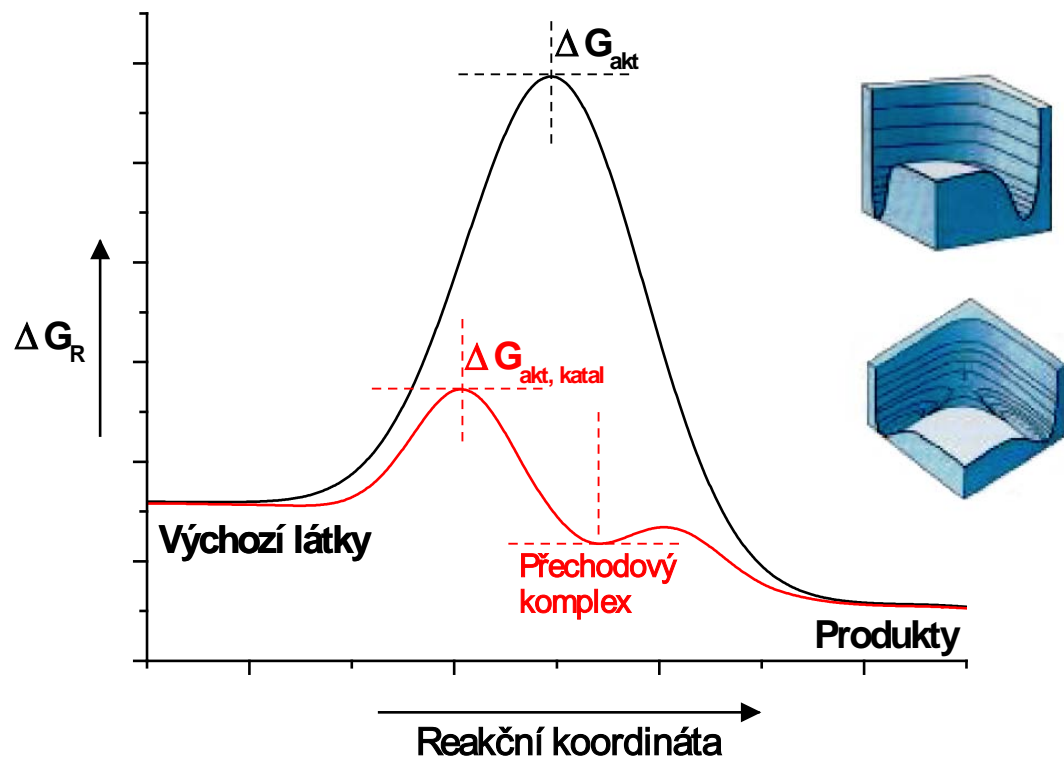
3...

4...

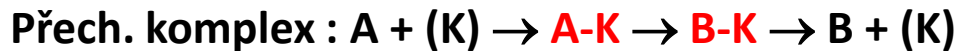
5...

Jak katalýza funguje ?

— nekatalyzovaný děj
 — katalyzovaný děj



Poznámky :



Jak se katalýza dělí?

Poznámky :

1... Podle fáze : ■ homogenní x ■ heterogenní

2... Podle typu katalyzátoru :

- katalýza na kovech
- katalýza na oxidech, sulfidech,..
- katalýza na acidobazických katalyzátorech

3... Podle povahy katalyzátoru :

- katalýza na vodičích
- katalýza na polovodičích
- katalýza na izolátorech

Příklady průmyslově aplikované katalýzy / **katalyzátor** :

Poznámky :

$\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ výroba H_2SO_4 kontaktním způsobem / **V_2O_5**

$\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$ Výroba NH_3 podle Boshe-Habera / **$\alpha\text{-Fe, K}_2\text{O}$**

$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ Ostwaldův proces / **Pt-Rh**

$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ steam reforming / **Raney Ni**

$\text{C}_3\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_x\text{H}_y$ Polymerizace / katalyzátory **Ziegler-Natta**

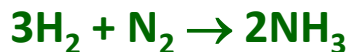
$\text{NO} \rightarrow \text{N}_2, \text{O}_2,$ $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2,$ $\text{C}_x\text{H}_y \rightarrow \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$
/ **automobilové katalyzátory**

Příklady katalýzy z praxe

Úvod do studia katalýzy

Příklad z průmyslu :

Syntéza amoniaku, Haber-Boschův způsob :



Katalyzátor : $\alpha\text{-Fe-(Fe}_2\text{O}_3\text{)-Al}_2\text{O}_3$

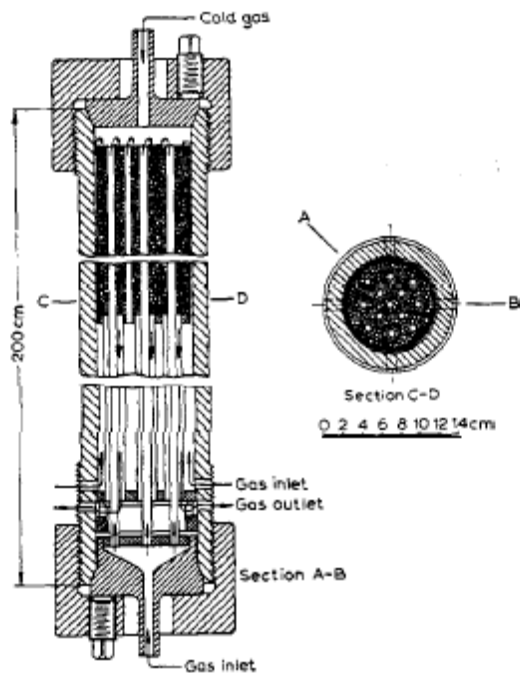
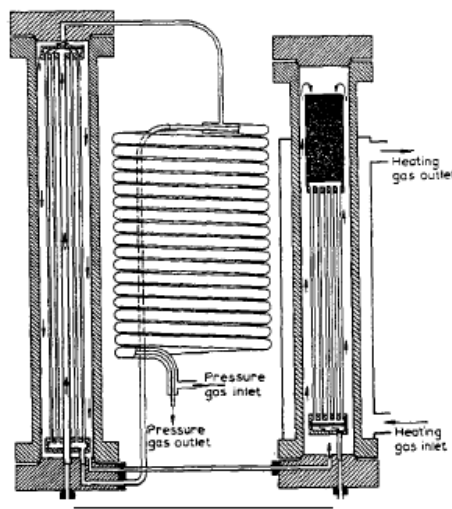


Fig. 27. Converter, 1910.



Poznámky :

Způsob slouží následně :

k výrobě kyseliny dusičné,

dusičnanů,

a navazujících produktů

dříve : z Chileského ledku

Ložiska přírodních dusičnanů jsou vzácná např. Chile – San Pedro de Atacama



Poznámky :

*Před 1914 - námořní
doprava*

*1914-1918 „námořní
blokáda Německa“*

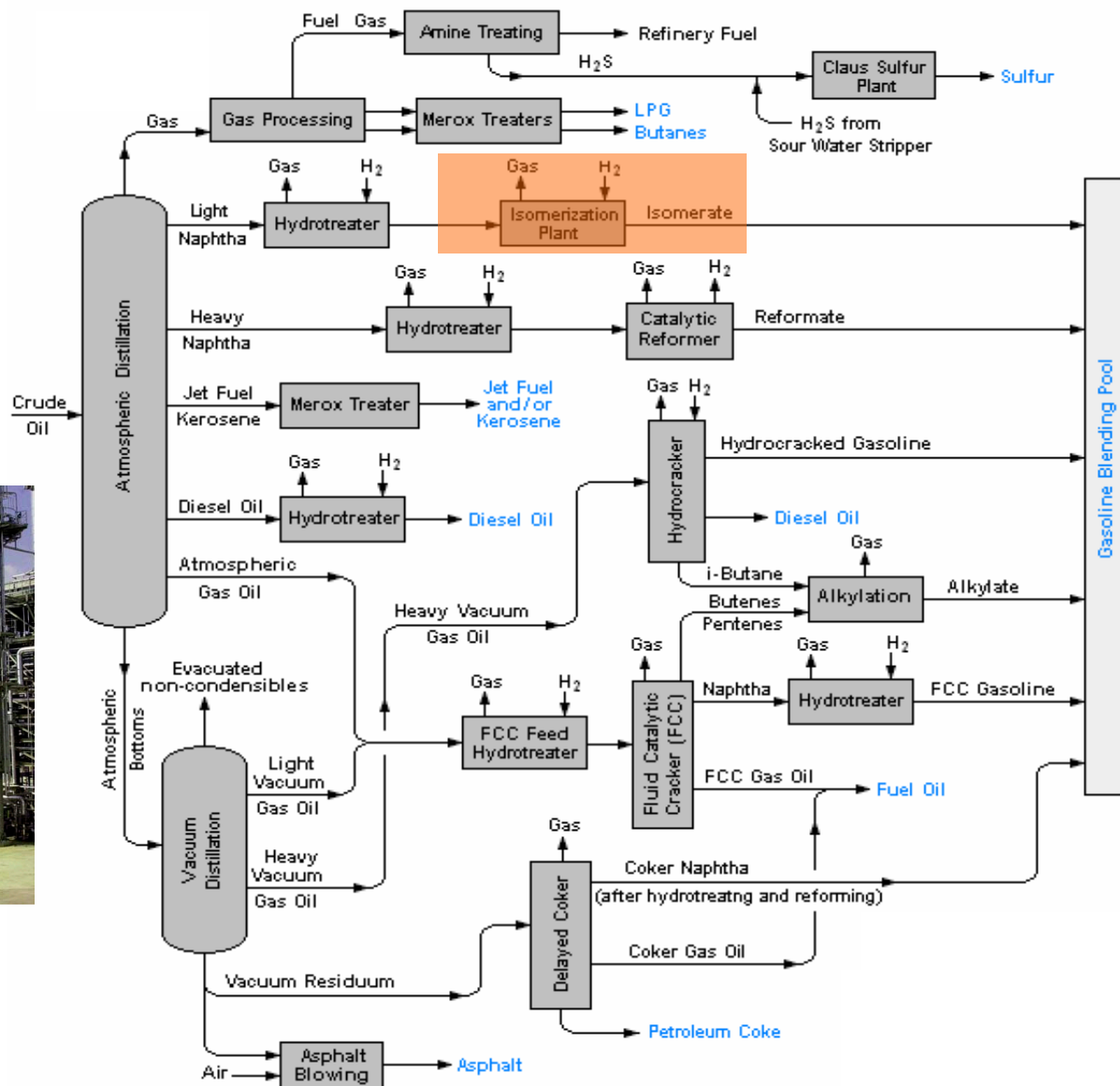


Vynález nové výroby

Ovlivnil průběh I.svět války

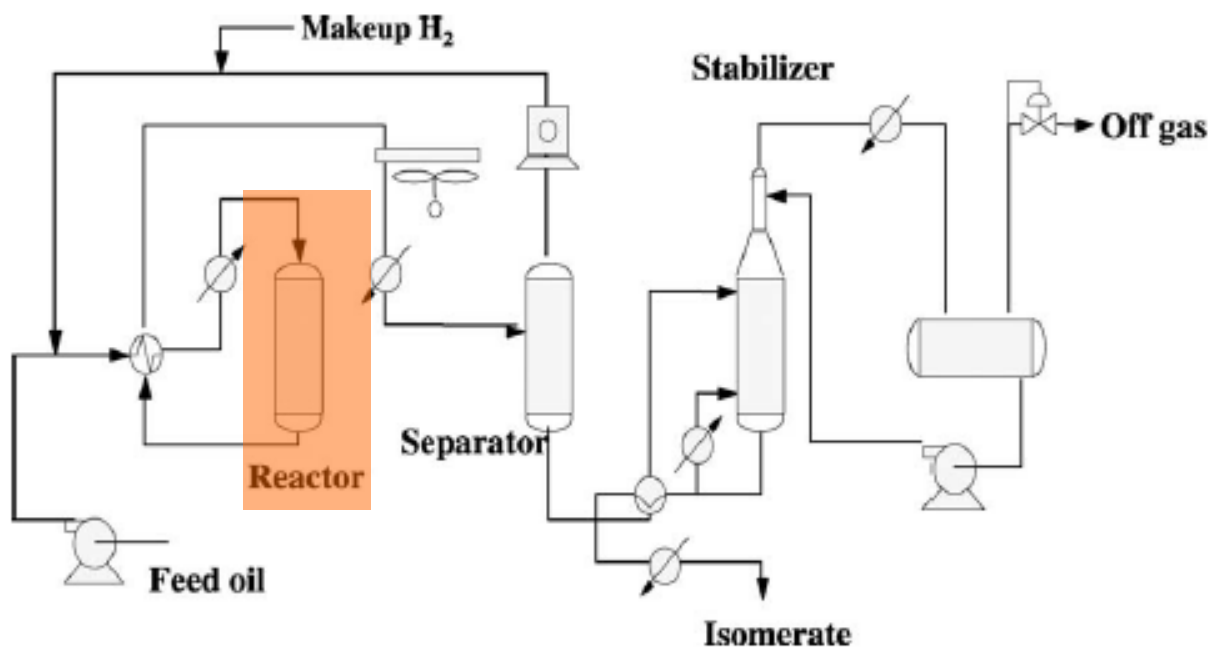
Úvod do studia katalýzy

Příklad z průmyslu : Rafinerie ropy :



Příklad z průmyslu :

Rafinerie ropy – isomerizační jednotka :



Heterogenní Katalýza – aplikace Co dělá automobilový katalyzátor ?

Poznámky :

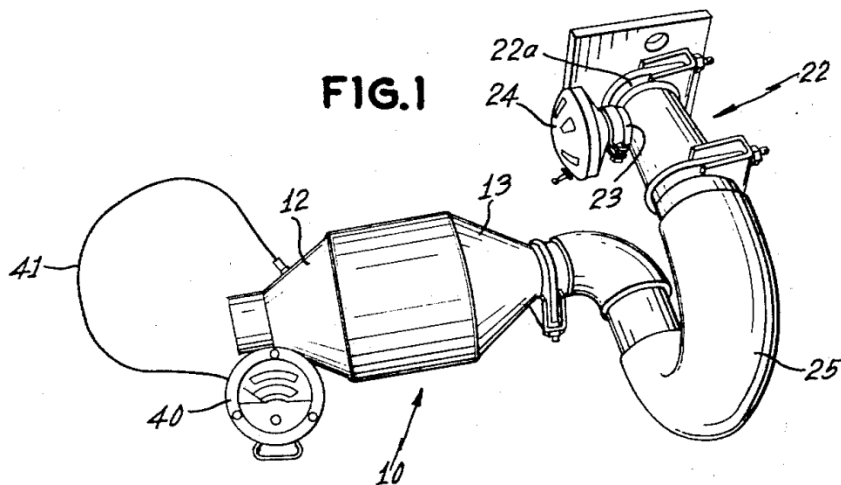
1. de-NOx



2. CO \rightarrow CO₂



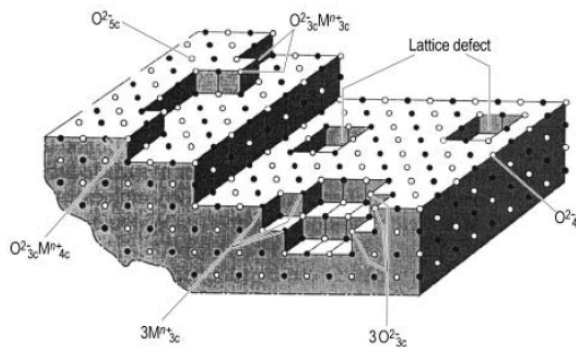
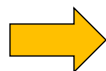
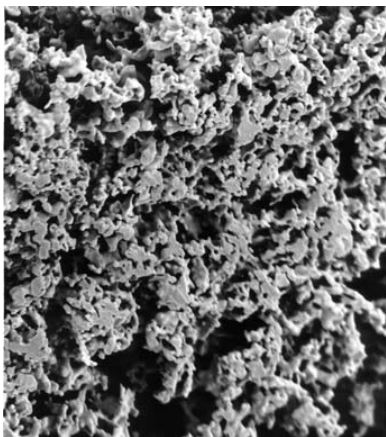
3. C_xH_y \rightarrow H₂O + CO₂



Teorie a pojmy v katalýze

Heterogenní Katalýza

S jakými teoriemi pracuje katalýza, co je **aktivní centrum** ?



Příklady :

Jaké povahy jsou „aktivní centra“

Kyselá

Bazická

Red-ox

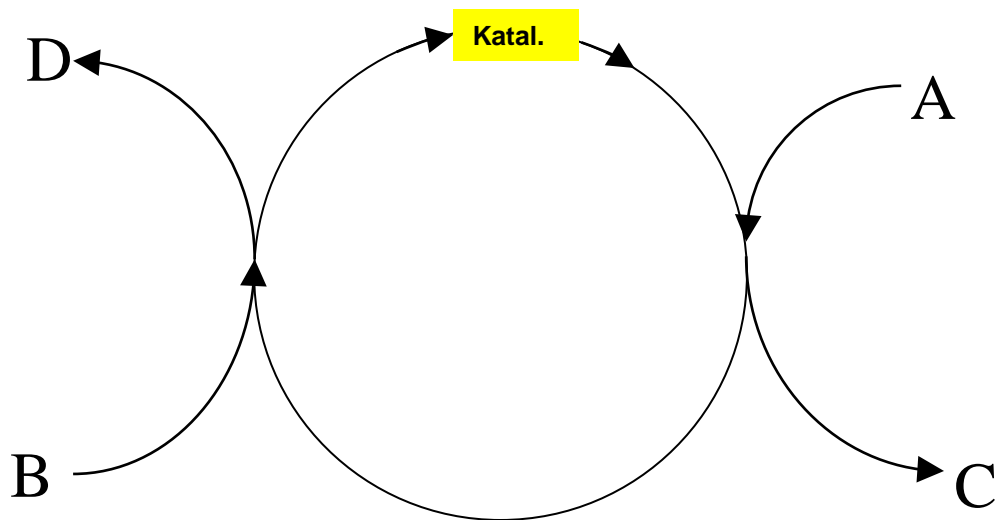
Velký povrch = velká aktivita? \Rightarrow ne celý povrch musí být aktivní

Ne vždy! Překvapení

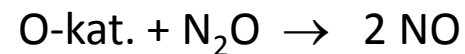
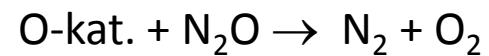
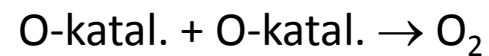
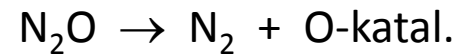
Koncepce aktivního centra

Heterogenní Katalýza

Co je to **katalytický cyklus** ?



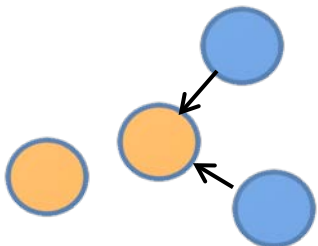
Příklad : rozklad N_2O



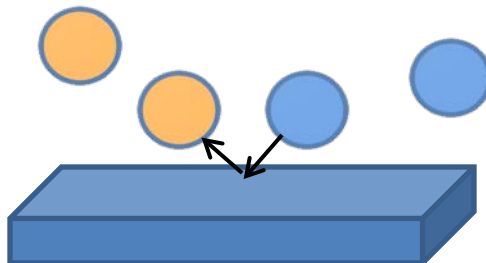
Heterogenní Katalýza

Jaký je vliv teploty na katalýzu, co je Arrheniův vztah ?

V homogenní fázi :



na povrchu katalyzátoru :



$$r.r. = \frac{dn_i}{dt} = N_i \cdot \exp\left(-\frac{\Delta E_a}{kT}\right)$$

Poznámky :

Při zvýšení T o 10°
vzroste reakční rychlost

V průměru 2-3x

Pozn. pod čarou :
Co je to light-off T ?

Heterogenní Katalýza

Jaký je vliv „nástríku“ na katalýzu, co je zatížení ?

1...Vyjádření rychlosti, **koncentrační funkce**

$$\text{Rychlost} = \frac{\text{rychlostní člen} \times \text{adsorpční člen}}{\text{inhibiční člen}}$$

$$\frac{dn_i}{dt} = \frac{k \cdot N_a \cdot K_a \cdot (P_A \cdot P_B - P_C / K_r)}{(1 + K_A \cdot P_A + K_B \cdot P_B + K_C \cdot P_C + \sum K_i \cdot P_i)^n}$$

2...Vliv **tlaku** na reakční rychlost

3...Závislost **selektivity na konverzi**

Poznámky :

Z „obyčejné kinetiky“ :

$$r.r. = k \cdot [c_A] \cdot [c_B]$$

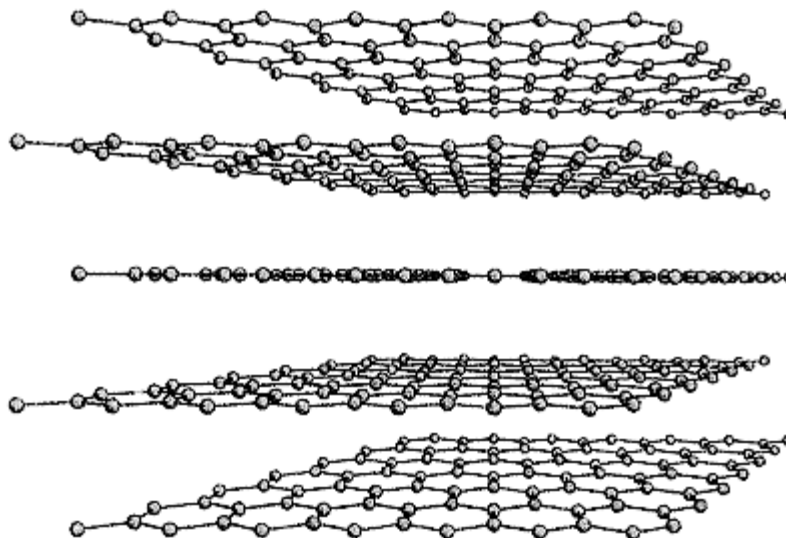
Řád reakce

Molekularita

Heterogenní Katalýza

Jaký je vliv stárnutí katalyzátoru, co je deaktivace ?

- Tvorba koksu
- Změna fází
- Uvolňování složek



Poznámky :

Speciální témata v katalýze –

- *katalýza na zeolitech*

Katalýza na zeolitech

Co je to molekulové síto - zeolit ?

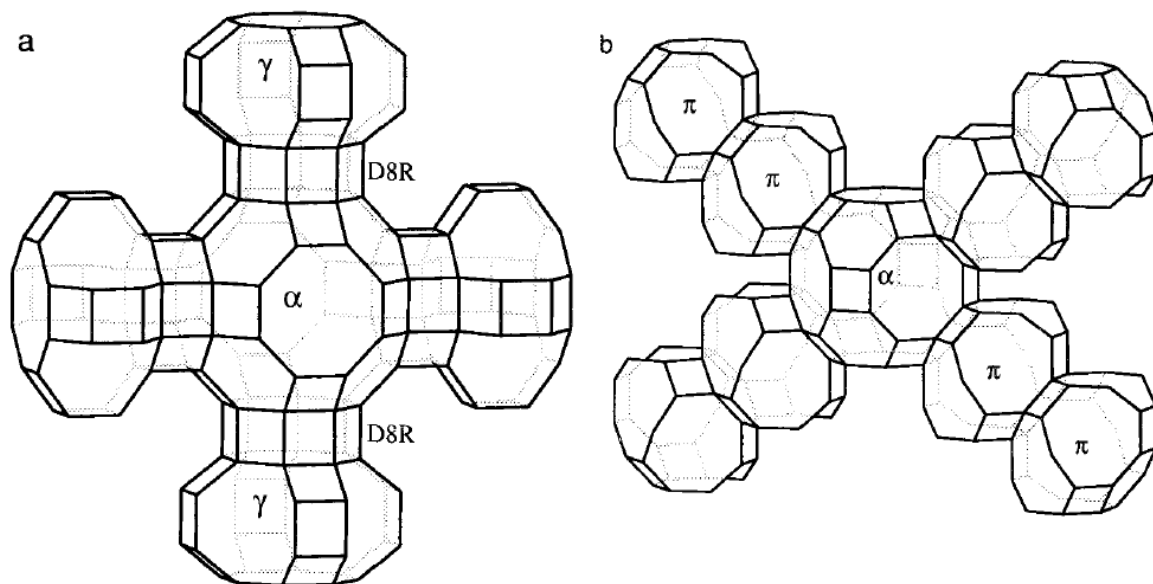
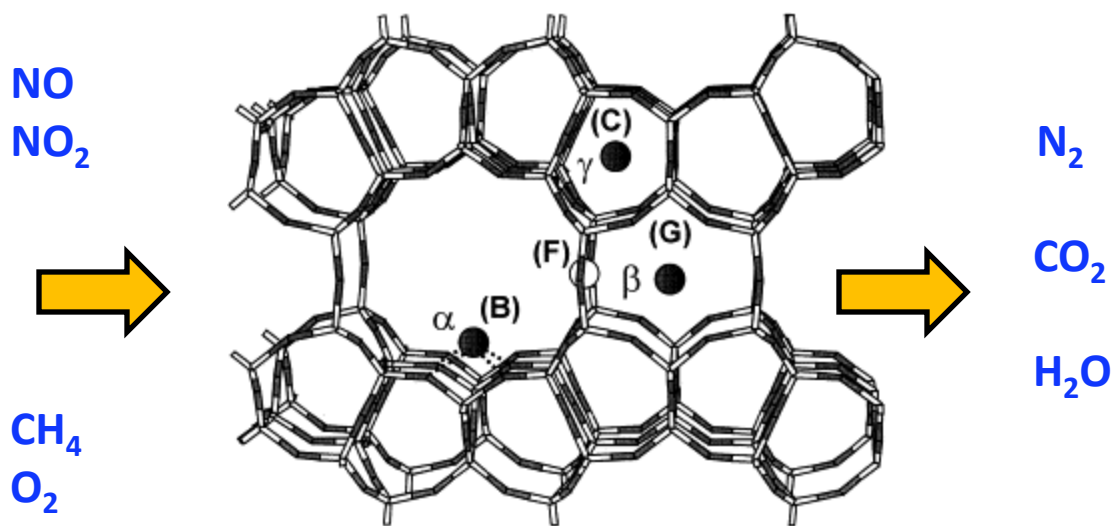


FIG. 1.

Poznámky :

Katalýza na zeolitech

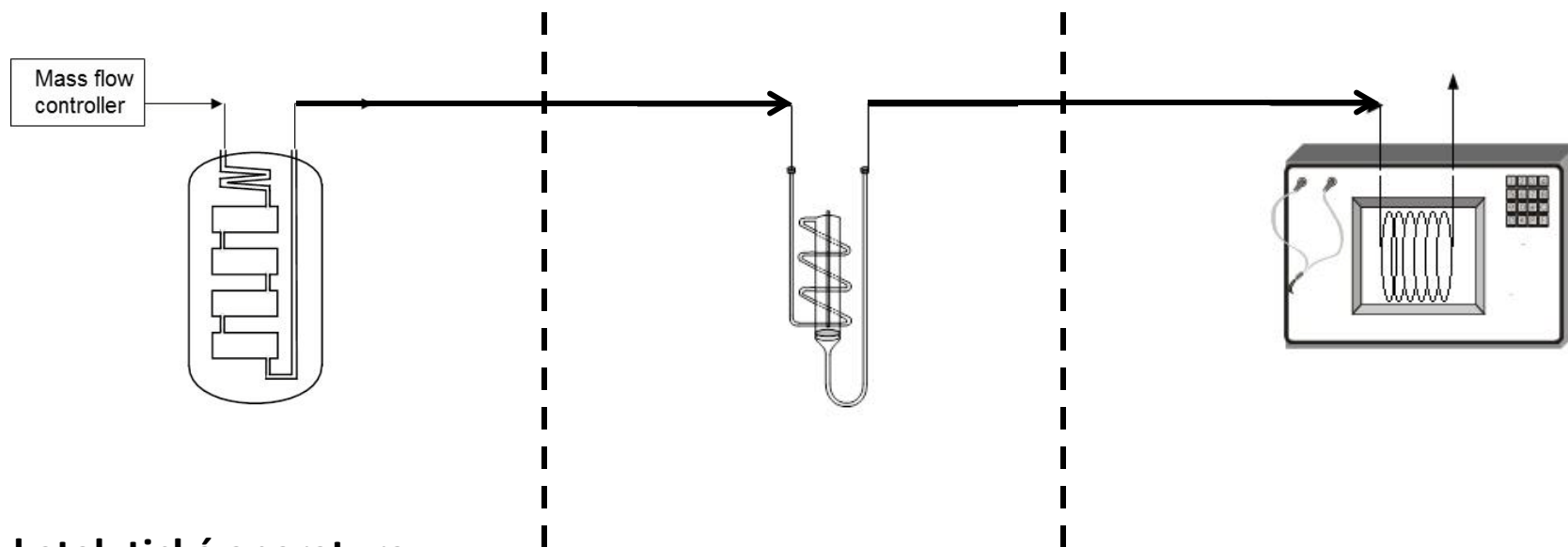
Uplatnění zeolitu – s ionty kobaltu – Co-FER v de-NOx :



Poznámky :

Praxe katalýzy – katalytický experiment

Jak se aktivita katalyzátorů měří?



katalytická aparatura:

**část pro přípravu
reakční směsi**

část s vlastním reaktorem

analytická část

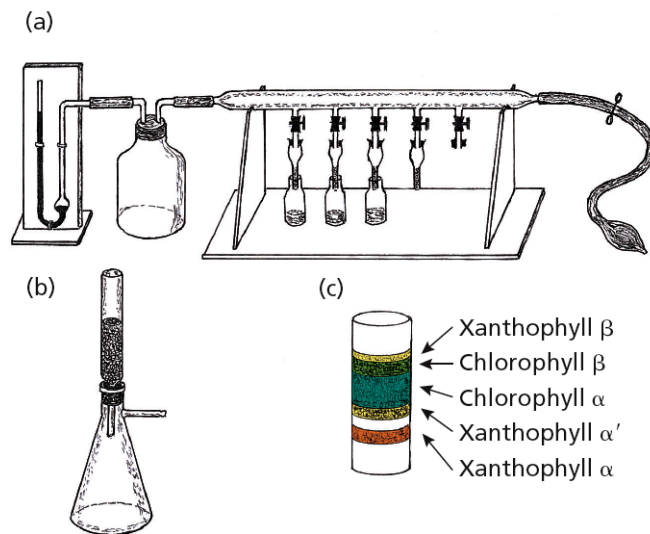
Poznámky :

Úvod do studia katalýzy

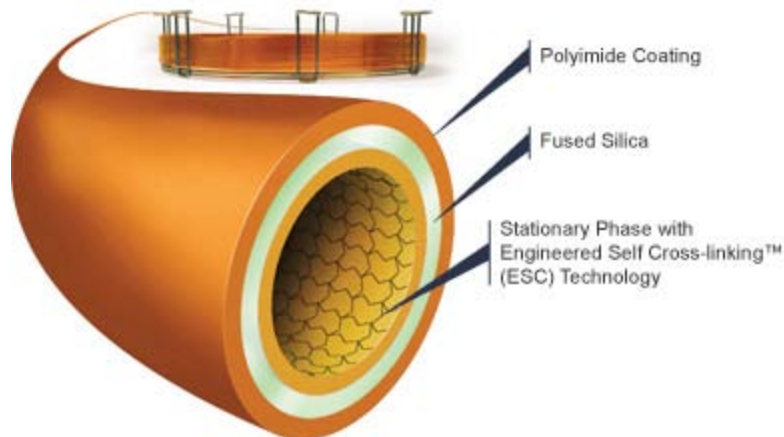
Techniky uplatňující se v katalýze :

Analýza reakční směsi, plynová chromatografie, GC :

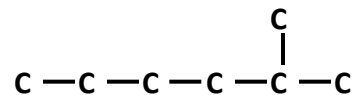
M.S.Cvet, 1906 :



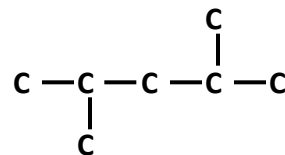
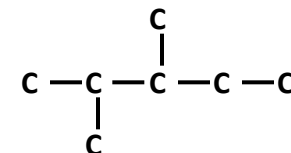
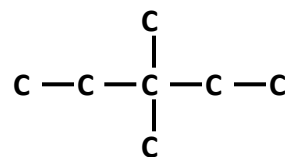
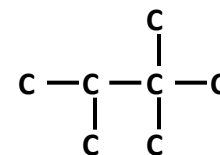
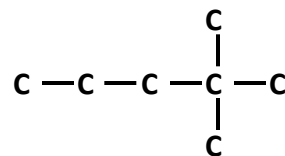
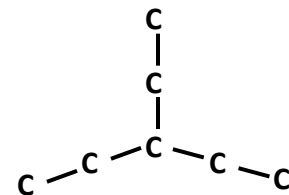
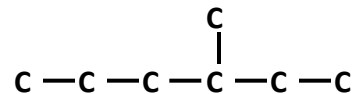
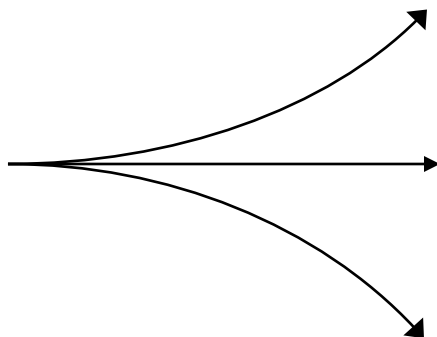
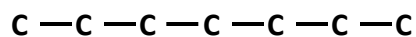
Současnost :



Poznámky :



Isomerace Heptanu :



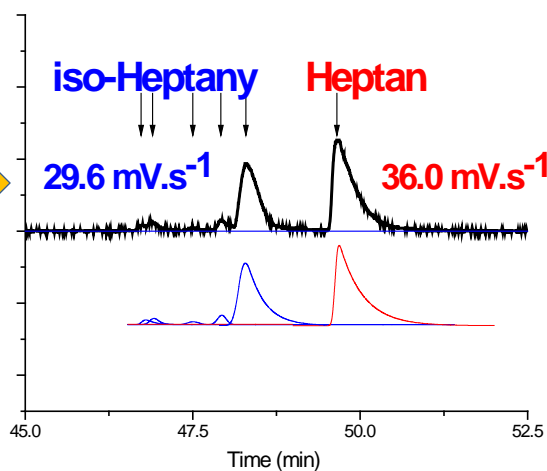
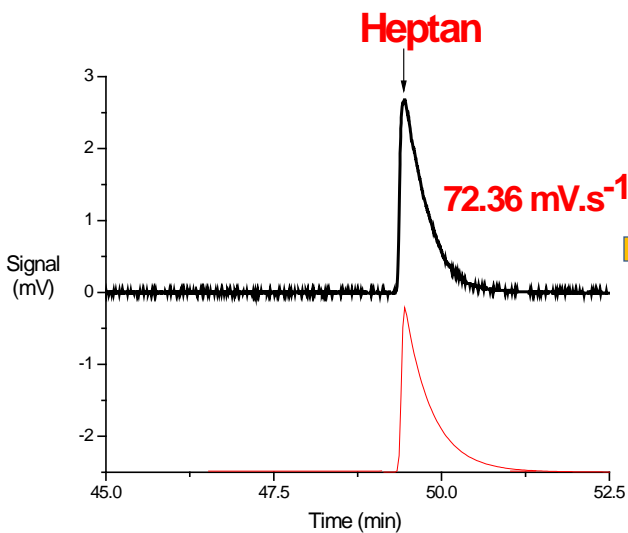
Úvod do studia katalýzy

Isomerace Heptanu :

Příklad z laboratorní praxe :

Nástřik :

Výstup :



Zadání :

Jaká je konverze ?

= ...

Jaký je výtěžek v isomerizaci ?

= ...

Jaká je selektivita na isomerizaci a na krakování ?

= ...

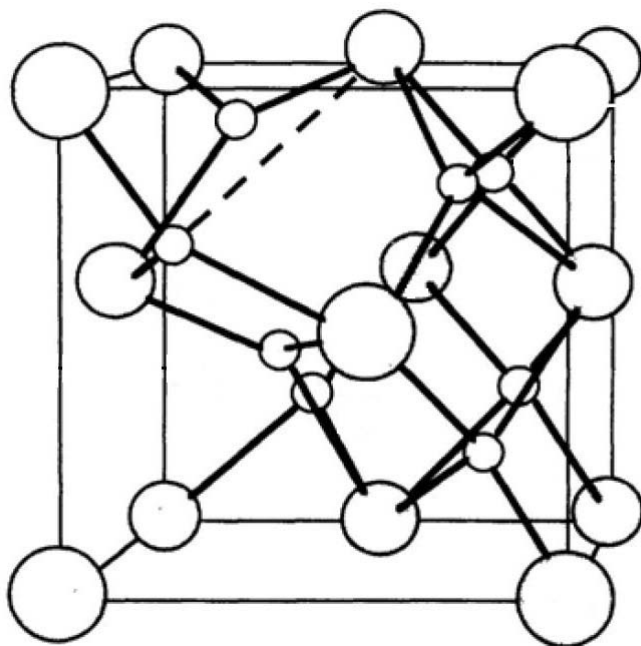
Katalyzátor : Pt/W-ZrO₂

Reakční podmínky : 250°C, nástřik
- 1% Heptanu

Techniky pro – studium katalýzy

Techniky uplatňující se v katalýze :

Studium struktury :

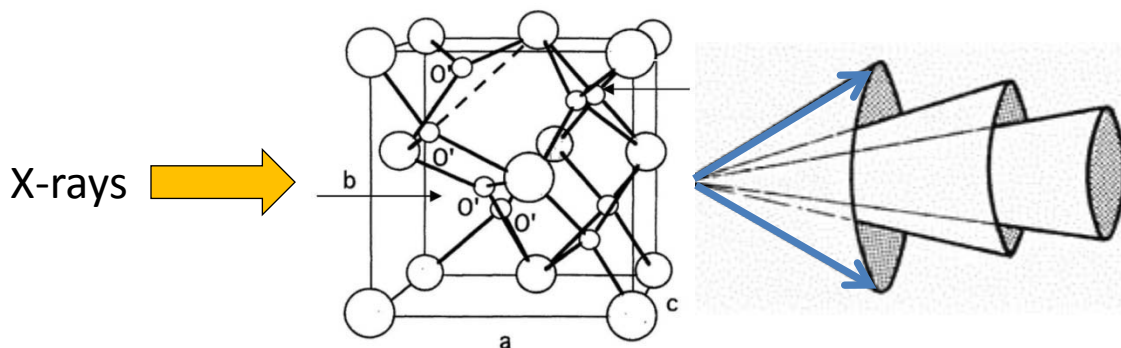


Poznámky :

Úvod do studia katalýzy

Techniky uplatňující se v katalýze : Studium struktury, difrakce :

Princip metody :

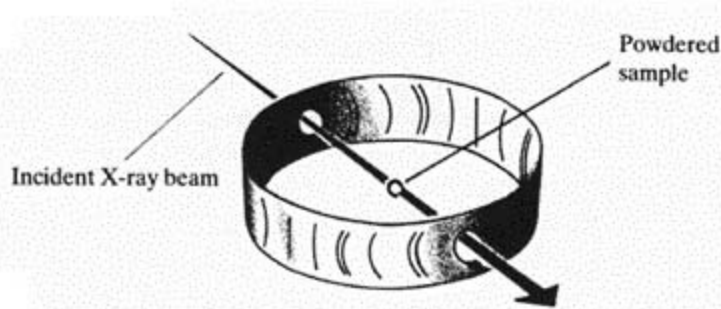


Poznámky :

Jakou informaci nám poskytuje ?

Technické provedení :

*XRD, Metoda
Debye-Scherrerova*



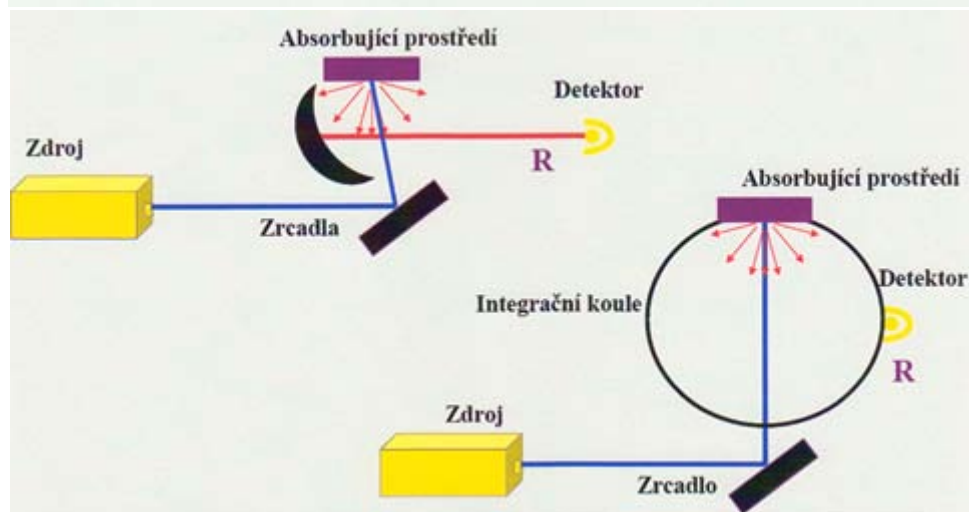
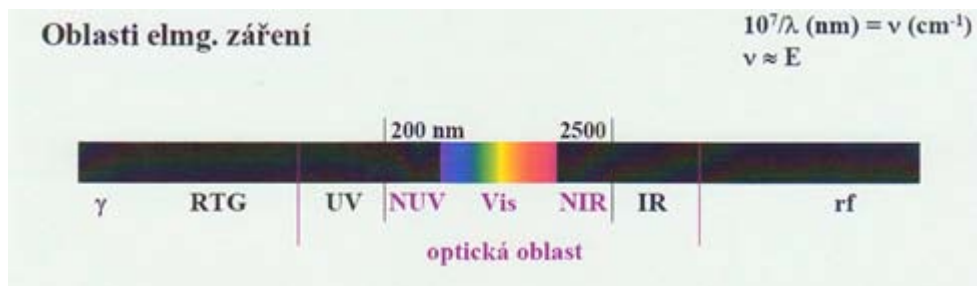
Úvod do studia katalýzy

Techniky uplatňující se v katalýze :

Spektroskopie v oblasti „viditelného“ záření : UV-Vis

Princip metody :

Technické provedení :



Poznámky :

Jakou informaci nám dává ?

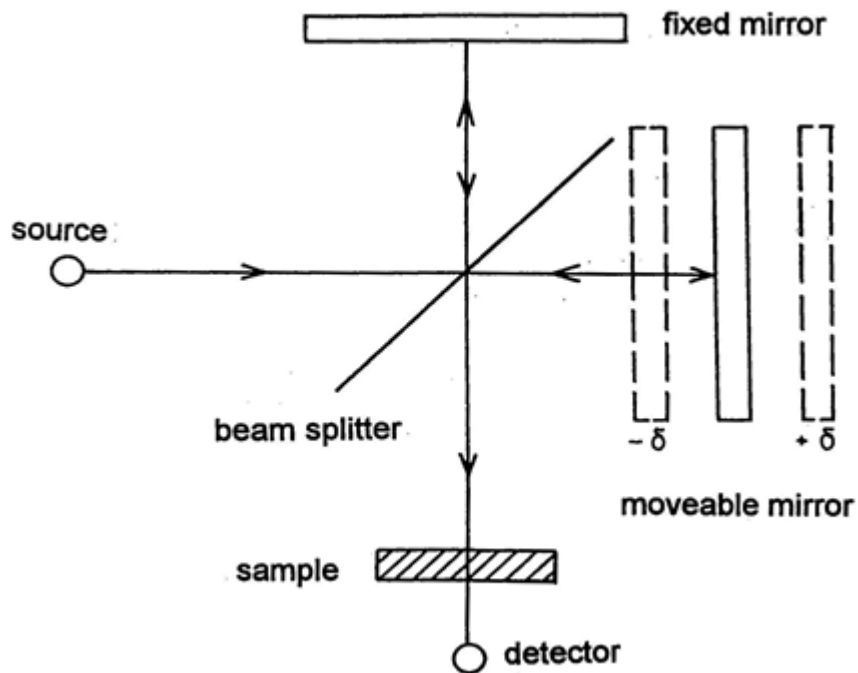
Úvod do studia katalýzy

Techniky uplatňující se v katalýze :

Spektroskopie v infračervené oblasti : co je to FT IR ?

Princip :

Technické provedení :



Poznámky :

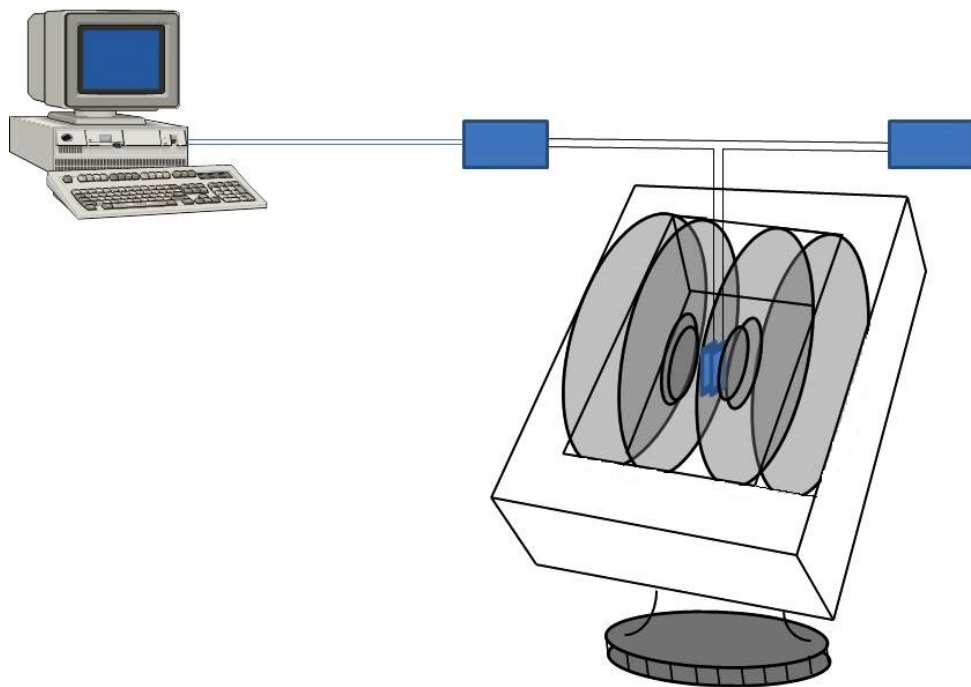
Jakou informaci nám dává ?

Techniky uplatňující se v katalýze :

Elektronová paramagnetická rezonance : co je to EPR ?

Princip :

Technické provedení :



Poznámky :

Jakou informaci nám dává ?

Úvod do studia katalýzy

Techniky uplatňující se v katalýze :

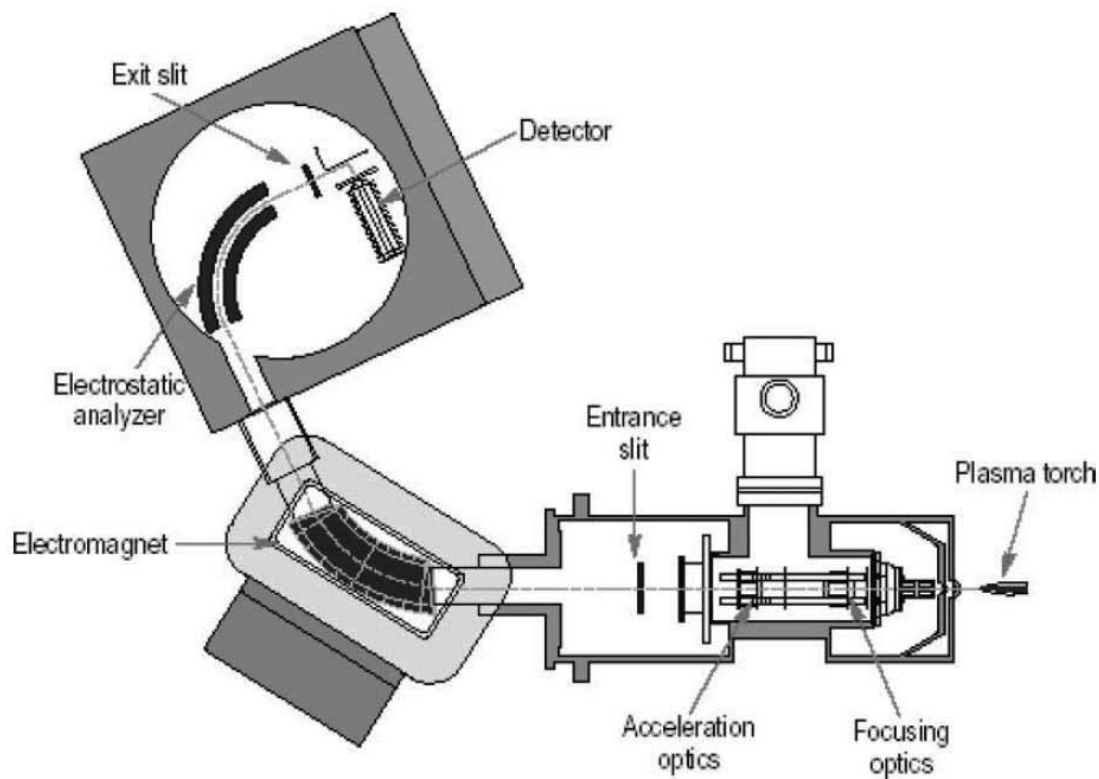
Hmotová spektroskopie : co je to MS ?

Princip :

Technické provedení :

Poznámky :

Jakou informaci nám dává ?



Úvod do studia katalýzy

Techniky uplatňující se v katalýze :

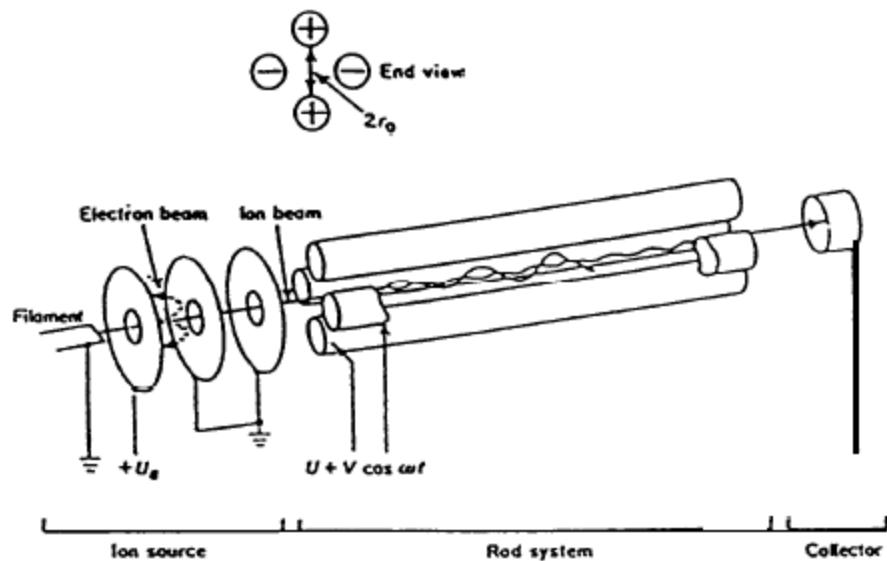
Hmotová spektroskopie : co je to MS ?

Princip :

Technické provedení :

Poznámky :

Jakou informaci nám dává ?



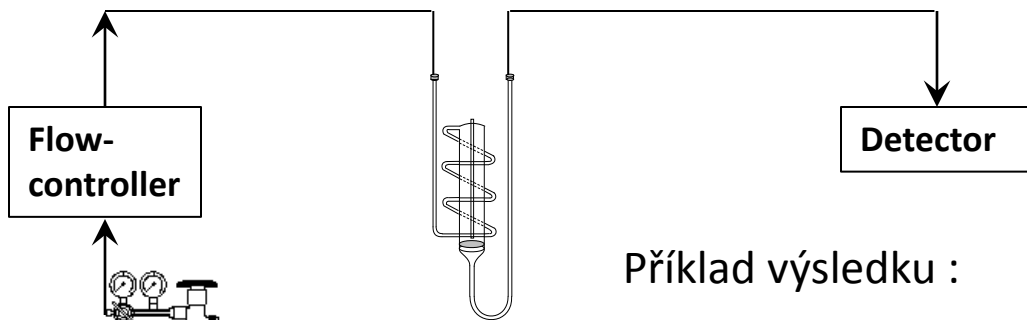
Úvod do studia katalýzy

Techniky uplatňující se v katalýze :

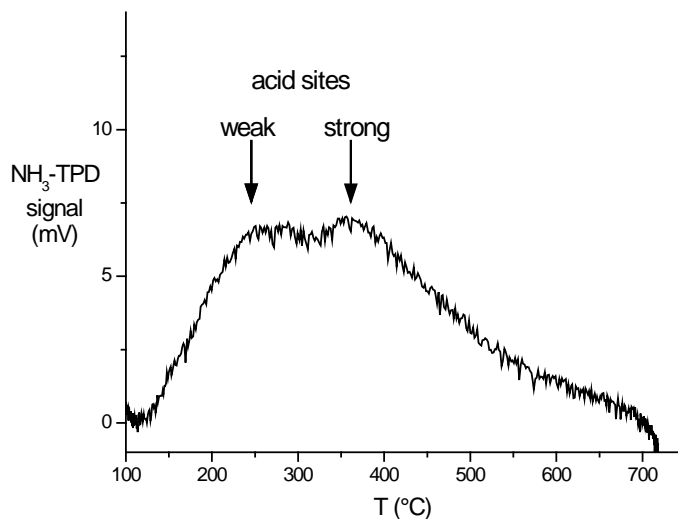
Teplotně programované techniky : co je TPD,TPR, co je kyselost povrchů ?

Princip :

Technické provedení :



Příklad výsledku :



Poznámky :

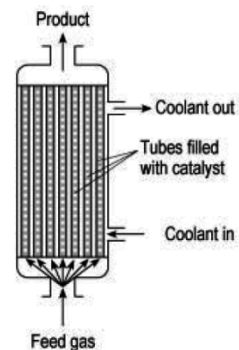
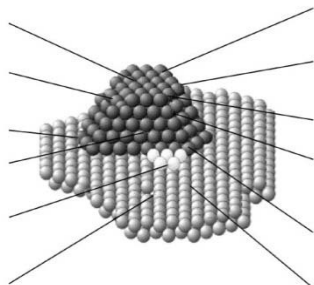
Jakou informaci nám dává ?

Závěry

Úvod do studia katalýzy

Závěry :

Jak se pracuje v katalýze ?



Poznámky :

Výzkum

Optimalizace

Inženýrství

Závěry :

- Katalýza je důležitý obor fyzikální chemie - chemické kinetiky
- Katalýza má široké uplatnění v praxi, výzkumu materiálů, v průmyslu,...
- Katalýza zasahuje a bude v budoucnu stále více zasahovat do mnoha směrů moderního výzkumu

nanotechnologie

bio-mimicking

energy sources

...