

IZOTERMY ADSORPCJI

Celem ćwiczenia jest przedstawienie założeń teorii dotyczącej procesu adsorpcji na granicy faz ciało stałe – gaz oraz ciało stałe – roztwór. Zagadnienia te mają istotne znaczenie w opisie zjawisk zachodzących w przyrodzie takich jak np. sorpcja metali ciężkich na powierzchni składników różnych typów gleb. Procesy te mają także niebagatelne znaczenie w technologiach oczyszczania ścieków i uzdatniania wody.

W ramach ćwiczeń laboratoryjnych studenci zapoznają się z podstawowymi równaniami izoterm adsorpcji oraz eksperymentalnie wyznaczają jej przebieg w zadanym układzie.

TEORIA

Izoterma adsorpcji Langmuira w układzie ciało stałe – gaz:

$$n = \frac{A_m \cdot K \cdot p}{1 + K \cdot p} \quad \text{gdzie:}$$

n – ilość substancji zaadsorbowanej przez 1 g adsorbentu

p – ciśnienie równowagowe gazu

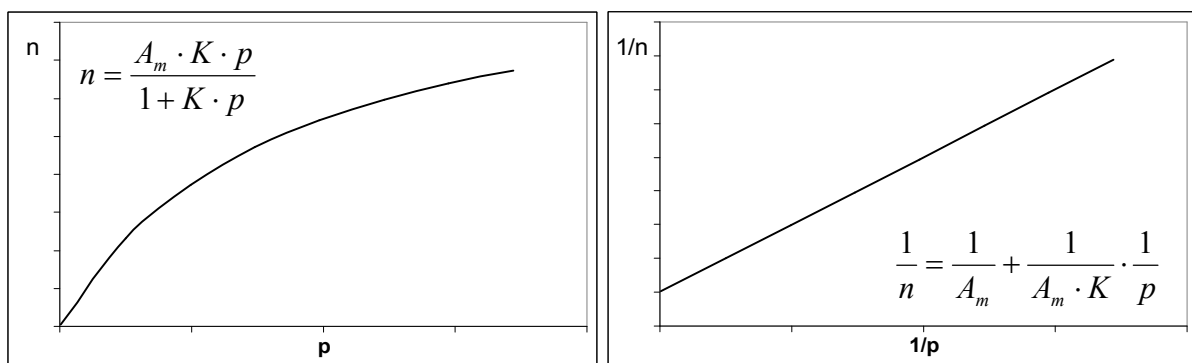
A_m – ilość substancji pokrywającej całą powierzchnię adsorbentu warstwą monomolekularną

K – współczynnik charakterystyczny dla układu

Jest to zależność między ilością gazu zaadsorbowanego przez zadaną masę adsorbentu a ciśnieniem tego gazu. Zależność tę można przekształcić do postaci liniowej ($f(1/p)=1/n$):

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{A_m} + \frac{1}{A_m \cdot K} \cdot \frac{1}{p}$$

postać ta umożliwia łatwe wyliczenie wartości parametrów A_m oraz K charakteryzujących dany układ:



Rys. 1. Wykres zależności ilości zaadsorbowanego gazu od ciśnienia równowagowego tego gazu (po lewej); ta sama zależność w postaci liniowej (po prawej).

Postać liniowa pokazuje zależność opisaną w istocie funkcją $f(x)=ax + b$, stąd można łatwo policzyć potrzebne nam parametry do opisu układu:

$$a = \frac{1}{A_m \cdot K}$$

$$b = \frac{1}{A_m}$$

a – jest współczynnikiem kierunkowym prostej na wykresie (pochodna tej funkcji)

b – jest wartością w której prosta przecina się z osią rzędnych.

Izoterma adsorpcji Langmuira w układzie ciało stałe – roztwór:

$$n = \frac{A_m \cdot K \cdot C}{1 + K \cdot C}$$

n – ilość substancji zaadsorbowanej przez 1 g adsorbentu

C – stężenie równowagowe adsorbowanej substancji (stężenie po adsorpcji)

A_m – ilość substancji pokrywającej całą powierzchnię adsorbentu warstwą monomolekularną

K – współczynnik charakterystyczny dla układu.

Przekształcając równanie podobnie jak wyżej można wykreślić prostoliniową zależność i wyznaczyć stałe charakteryzujące izotermę adsorpcji w danym układzie eksperymentalnym.

ĆWICZENIE

Adsorpcja kwasu octowego na węglu aktywnym

1. Przygotować 0,5 molowy roztwór kwasu octowego
2. Następnie przygotować w kolbkach miarowych pięć roztworów po 50 ml wlewając do kolbek kolejno 25, 12, 6, 3, 1,5 ml kwasu octowego 0,5 M i dopełnić wodą do kreski.
3. Oznaczyć stężenie kwasu octowego 0,5 M miareczkując 2 ml roztworu za pomocą 0,1 M roztworu mianowanego NaOH wobec fenoloftaleiny.
4. Przygotować kolbki stożkowe z węglem aktywowanym, do pięciu kolbek wprowadzić po 1 g węgla (dokładnie odważonego).
5. Wlać przygotowane roztwory kwasu octowego do kolbek stożkowych z węglem, zamknąć i wytrząsać przez 30 min.
6. Po adsorpcji oznaczyć stężenie kwasu octowego w każdej kolbce biorąc po 5 ml z dwóch pierwszych i po 10 ml z pozostałych. Miareczkować za pomocą 0,1 M NaOH wobec fenoloftaleiny.
7. Obliczyć stężenie molowe kwasu przed adsorpcją (C_0) i po adsorpcji (C), a następnie obliczyć ile kwasu zostało zaadsorbowane przez 1 g węgla wg wzoru:

$$n = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{m} [\text{mol} / \text{g}]$$

n – liczba moli zaadsorbowanego kwasu przez 1 g węgla
 C_0 – stężenie molowe kwasu przed adsorpcją [mol/l]
 C – stężenie molowe kwasu po adsorpcji [mol/l]
 V – objętość roztworu [l]
 m – masa węgla [g]

8. Sporządzić wykres $n = f(C)$ oraz $1/n = f(1/C)$, sprawdzić na podstawie przebiegu funkcji, czy adsorpcję kwasu octowego na węglu opisuje równanie Langmuira, wyznaczyć wartości stałych A_m oraz K charakteryzujących izotermę.

PRZYKŁADOWE PYTANIA NA KOŁOKWIUM

W jaki sposób można scharakteryzować proces adsorpcji substancji z roztworu na ciele stałym? Co charakteryzuje „izoterma”?

Jakie znaczenie mają procesy sorpcji/desorpcji w migracji zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych w środowisku glebowym?

Jak warunki fizykochemiczne środowiska mogą wpływać na proces adsorpcji związków chemicznych na powierzchni cząstek glebowych?

Scharakteryzować dwie wybrane izotermy adsorpcji na granicy ciało stałe / roztwór adsorbentu.

Jak może zmieniać się przebieg izotermy zależnie od temperatury układu?

W jakich procesach można praktycznie wykorzystywać zjawisko adsorpcji na granicy ciało stałe / gaz i ciało stałe / roztwór?