

Izotópeffektusok

Eltérések a fizikai és kémiai tulajdonságokban egy elem izotópjai, vagy annak vegyületei között

- molekulatömegek különbsége miatt (→ hőmozgás, eltérő mozgás erőterben, más mechanikai tulajdonság)
- molekulán belüli tömegmegoszlás megváltozása (→ színképvonal eltolódás, inermolekuláris kölcsönhatások, reakcióképesség, reakciósebesség)

Mechanikai effektusok

- sűrűségkülönbség
pl. D_2O $\rho = 1,108$ → dúsítás meghatározása $\rho^*/\rho = M^*/M$ eltérő a H-híd és a D-híd
- gravitációs térben a nehezebb izotóp alul dúsul
- centrifugában a nehezebb izotóp kívül dúsul → dúsítás
- elektromos és mágneses térben különböző pályákon haladnak a fajlagos töltés (e/m) függvényében. → tömegspektrométer (elválasztás, izotópösszetétel meghatározás)
- viszkozitás, szupravezetés kritikus hőmérséklete függ az izotópösszetételtől

Spektroszkópiai effektusok

- Vonal eltolódás az elemi spektrumban:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

R - Rydberg állandó

$$R_H = 109677,6 \text{ cm}^{-1}, R_D = 109707,4 \text{ cm}^{-1}$$

- eltolódnak az infravörös spektrum rotációs és rezgési sávjai (eltérő tömegeloszlás a molekulán belül).

Izotópeffektusok kémiai egyensúlyokban

- izotópkicserélődés különböző vegyületek között,
pl. $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{S}$, a vízben 2,3-szor annyi D mint a H_2S -ben.
 $\text{NH}_3-\text{NH}_4^+$ -oldat, az oldatban 3%-kal több ^{15}N
- izotópkicserélődés egy vegyület különböző molekulái között:
pl. $\text{H}_2\text{O} + \text{D}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HDO}$ $K = 4$ szobahőmérsékleten

Fázisegyensúlyi izotópeffektusok

- gőznyomás - pl. D_2O 3,3 °C-kal magasabb hőmérsékleten forr →
dúsítás desztillálással a visszamaradó frakcióban D dúsul
- víz-jég egyensúly, D_2O fagyáspontja: -3,8 °C
eltérő oldhatóság vízben és nehézvízben
- izotópmolekulák eltérő adszorpciója

Reakciókinetikai izotópeffektus

- D_2O lassabban bomlik a víz elektrolízisekor

Biokémiai és biológiai effektusok

- módosulás a fehérjék szerkezetében a H-híd kötés megváltozása miatt, térszerkezet is
- a nehézvízben számos életfolyamat lelassul, vagy megáll
- fotoszintézis során jobban asszimilálódik a ^{12}C , mint a ^{13}C , és a ^{14}C .

Izotópösszetétel ingadozásai a természetben

Izotópeffektusok miatt:

- gravitációs erőterben a nehezebb alul dúsul
- fázisegyensúly (Jeges-tenger D tartalma magasabb, mint a déli tengereké)
- biológiai folyamatok
- diffúziós, kémiai folyamatok

Nem izotópeffektusok miatt:

- radioaktív eredet (Pb)
- Oklo-jelenség (Gabon ^{235}U aránya csak 0,6% → természetes atomreaktor működött)

Alkalmazás:

- kormeghatározás
- eredetvizsgálat
- geológiai hőmérséklet vizsgálata

Izotóppösszetétel meghatározása

izotópeffektuson alapuló módszerek

- sűrűségmérés (nehésvíz)
- spektroszkópia - vonalak intenzitásarányaiból
- tömegspektrometria

Más módszer

- radioaktív sugárzás alapján
- magreakció
 - neutronaktivációs analízis
 - prompt- γ aktivációs analízis

Izotópdúsítás

- centrifugálás
- desztilláció, rektifikálás
- elektrolízis
- elektrolízis - szétválasztás ionmozgékonyaság alapján
- termodiffúzió
 - hőmérsékletgradiens \rightarrow koncentrációgradiens
 - diffúzió \rightarrow konc. grad. kiegyenlítése
 - a két folyamat egyensúlya

- gázdifúzió
 gázmolekulák sebességének molekulatömeg-függése
 pórusos hártván áthaladva dúsul a gáz
 urándúsítás: UF₆, 56 °C-on szublimál
 elvi dúsítási tényező:

$$\alpha = (352/349)^{1/2} = 1,0043 \text{ (gyak. 1,003)}$$
- tömegspektrométer - ionáram szétválasztása egylépcsőben, igen kis kitermelés

Dúsító kaszkádok

dúsítás = α^n , n - fokozatok száma

pl. urándúsítás gázdifúzióval:

²³⁵U: $f = 0,72\% \rightarrow 3,6\%$ -os dúsítás,

$$n = \log (3,6/0,72) / \log 1,003 = 537 > 500 \text{ fokozat}$$