

Soluzione preliminare del problema 7

Problema 7) Chimica interstellare

a) $d[\text{NH}^+] / dt = K_1 [\text{N}^+] [\text{H}_2] - K_2 [\text{NH}^+] [\text{H}_2] = 0,$

da cui $[\text{NH}^+] = K_1 [\text{N}^+] [\text{H}_2] / K_2 [\text{H}_2] = K_1 [\text{N}^+] / K_2.$

Applicando l'approssimazione dello stato stazionario anche per gli altri ioni otteniamo:

$$[\text{NH}_2^+] = K_2 [\text{NH}^+] / K_3 = K_1 [\text{N}^+] / K_3;$$

$$[\text{NH}_3^+] = K_3 [\text{NH}_2^+] / K_4 = K_1 [\text{N}^+] / K_4$$

$$[\text{NH}_4^+] = K_4 [\text{NH}_3^+] [\text{H}_2] / [\text{e}^-] (K_5 + K_6) = K_1 [\text{N}^+] [\text{H}_2] / [\text{e}^-] (K_5 + K_6)$$

b) $d[\text{NH}_3] / dt = K_5 [\text{NH}_4^+] [\text{e}^-]$

$$= K_5 [\text{e}^-] K_1 [\text{N}^+] [\text{H}_2] / [\text{e}^-] (K_5 + K_6)$$

$$= [K_5 K_1 / (K_5 + K_6)] [\text{N}^+] [\text{H}_2]$$

dove $K_5 K_1 / (K_5 + K_6)$ costituisce la costante globale.

c) L'energia di attivazione rappresenta la barriera di energia che separa i reagenti dallo stato di transizione della reazione, serve per rompere i legami che devono reagire nelle molecole di partenza e quindi rappresenta la minima energia che le molecole devono possedere per dare vita alla reazione. Fino alla formazione del complesso attivato si ha un aumento dell'energia potenziale che, dopo aver raggiunto il massimo, comincia a diminuire per condurre ai prodotti.

d) Se la reazione tra uno ione e una molecola non mostra dipendenza dalla temperatura, questo significa che l'energia di attivazione è praticamente zero come si ricava dalla relazione di Arrhenius

$$k = A e^{(-E_a / RT)}$$

$$\ln k = \ln A - (E_a / RT)$$

$$d \ln k / dT = E_a / RT^2$$

$$E_a = [d \ln k / dT] RT^2 = 0 RT^2 = 0$$

In questo caso la velocità di reazione è limitata solo dalla velocità di diffusione.

e) Se questa relazione è valida anche nelle condizioni interstellari dove la temperatura è di pochi Kelvin, questo ha come conseguenza che reazioni ione molecola che procedono con energia di attivazione quasi zero possono essere molto veloci nonostante la temperatura molto bassa ed essere limitate solo dalla velocità di diffusione delle molecole.

Soluzione proposta da

Luca Zucchini

medaglia di bronzo alle olimpiadi IChO 2008