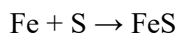


1. Pri reakciji 2,1 g gvožđa sa sumporom oslobađa se 3,77 kJ toplote. Izračunajte standardnu toplotu stvaranja FeS.

**Rešenje:**

Gvožđe reaguje sa sumporom dajući gvožđe(II)sulfid, što je dato sledećom hemijskom jednačinom:



Ako se uzme da je molarna masa gvožđa,  $M(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g/mol}$ , broj molova Fe će biti jednak

$$n(\text{Fe}) = 2,1 \text{ g} / 55,85 \text{ g/mol} = 0,038 \text{ mol}$$

Prema postavci zadatka, to znači da je toplota koju daje 0,038 mola Fe u reakciji sa S jednaka  $\Delta H = -3,77 \text{ kJ}$ . Predznak minus označava da se toplota oslobađa. Da bi se odredila standardna toplota stvaranja FeS,  $\Delta_f H(\text{FeS})$ , koja je u konkretnom slučaju jednaka reakcionoj promeni entalpije,  $\Delta_r H(\text{FeS})$  nastaje iz elemenata, pa reakcija predstavlja reakciju formiranja FeS), treba odrediti koliko toplote se oslobodi pri nastanku 1 mola proizvoda, tj. FeS. S obzirom na to da u ovoj reakciji 1 mol Fe daje 1 mol FeS, određuje se koliko toplote se oslobodi pri reakciji 1 mola Fe:

$$0,038 \text{ mol Fe} : (-3,77 \text{ kJ}) = 1 \text{ mol Fe} : X$$

$$X = -100,3 \text{ kJ}$$

Kada se izračunata oslobođena toplota X prikaže u jedinicama kJ/mol, dobija se tražena entalpija formiranja FeS :  $\Delta_f H(\text{FeS}) = -100,3 \text{ kJ/mol}$ .

2. Ne vršeći izračunavanje odrediti znak  $\Delta_r S$  sledećih procesa:

- $2 \text{ NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{ NO}_2(\text{g})$
- $2 \text{ H}_2\text{S}(\text{g}) + 3 \text{ O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{ SO}_2(\text{g})$
- $2 \text{ CH}_3\text{OH}(\text{g}) + 3 \text{ O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 4 \text{ H}_2\text{O}(\text{g}) + 2 \text{ CO}_2(\text{g})$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{ CO}(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{ Fe}(\text{s}) + 3 \text{ CO}_2(\text{g})$

Izračunati  $\Delta_r S$  za reakciju pod b), ako su dati sledeći podaci:

Jedinjenje	$\Delta_f S$ [J/mol·K]
H <sub>2</sub> S (g)	205,7
O <sub>2</sub> (g)	205,0
H <sub>2</sub> O (l)	70,1
SO <sub>2</sub> (g)	248,1

**Rešenje:**

Pri određivanju znaka  $\Delta S$ , treba imati na umu da entropija pokazuje stepen neuređenosti sistema i da je  $\Delta S > 0$ , kada se neuređenost povećava, a  $\Delta S < 0$  kada se neuređenost smanjuje. U reakcijama kod kojih su i produkti i reaktanti gasoviti, znak  $\Delta S$  se određuje na osnovu promene ukupnog broja molekula, npr. u reakciji a) postoje ukupno tri molekula reaktanta (dva NO i jedan O<sub>2</sub>) i dva molekula produkata. To znači da se ukupan broj molekula u reakciji smanjio, pa se,

stoga, smanjila i entropija ( $\Delta S < 0$ ). Isti princip važi i za reakciju c) za koju je  $\Delta S > 0$ . Ako u reakciji postoje reaktanti i produkti različitih agregatnih stanja, osim promene ukupnog broja molekula, treba imati na umu da entropija i neuređenost opadaju u sledećem nizu gasovito-tečno-čvrsto. Tako, ako posmatramo reakciju b) postoji 5 molekula reaktanata i 4 molekula proizvoda. Kada bi sve supstance bile gasovite, to bi značilo da očekujemo da će  $\Delta S$  biti manje od nule. Deo reaktanata je iz gasovitog stanja prešao u tečne produkte (iz neuređenijeg u uređenije stanje), što samo dodatno potvrđuje da je  $\Delta S < 0$ . U primeru d) treba primetiti da je broj molekula gasa ostao nepromenjen u toku reakcije, a da se broj čvrstih čestica povećao. Pošto veći broj čestica znači i veću entropiju, onda je  $\Delta S > 0$ .

$\Delta S$  reakcije se izračunava po jednačini analognoj onoj koja se koristi za određivanje promene entalpije:

$$\Delta_r S = \sum_p \nu_p \cdot \Delta_f S_p - \sum_r \nu_r \cdot \Delta_f S_r \quad (1)$$

gde se indeksi r i p odnose redom na reaktante i proizvode. Slovom  $\nu$  su obeleženi stehiometrijski koeficijenti (broj molekula/atoma/jona neke hemijske vrste prikazan u hemijskoj jednačini), a  $\Delta_f S$  su entropije formiranja svake hemijske vrste koja učestvuje u reakciji.

$$\begin{aligned} \text{Za reakciju b) } \Delta_r S &= 2 \cdot \Delta_f S (\text{H}_2\text{O} (\text{l})) + 2 \cdot \Delta_f S (\text{SO}_2 (\text{g})) - 2 \cdot \Delta_f S (\text{H}_2\text{S} (\text{g})) - 3 \cdot \Delta_f S (\text{O}_2 (\text{g})) = \\ &= -390 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \end{aligned}$$

3. Izračunati  $\Delta G$  za reakciju b) iz prethodnog zadatka na  $25^\circ\text{C}$ , koristeći podatke iz tabele u prethodnom zadatku i iz sledeće tabele:

Jedinjenje	$\Delta_f H$ [kJ/mol]
$\text{H}_2\text{S} (\text{g})$	-21,0
$\text{O}_2 (\text{g})$	0 (entalpija formiranja elemenata u svom stabilnom stanju je uvek jednaka nuli)
$\text{H}_2\text{O} (\text{l})$	-285,8
$\text{SO}_2 (\text{g})$	-296,9

**Rešenje:**  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$ , T je temperatura izražena u kelvinima (u ovom zadatku  $T = 298,15 \text{ K}$ ).

Veličina  $\Delta S$  je već izračunata u prethodnom zadatku, a  $\Delta H$  se izračunava koristeći sledeći obrazac :

$$\Delta_r H = \sum_p \nu_p \cdot \Delta_f H_p - \sum_r \nu_r \cdot \Delta_f H_r \quad (2)$$

koji je analogan obrascu (1).

$$\begin{aligned} \Delta_r H &= 2 \cdot \Delta_f H (\text{H}_2\text{O} (\text{l})) + 2 \cdot \Delta_f H (\text{SO}_2 (\text{g})) - 2 \cdot \Delta_f H (\text{H}_2\text{S} (\text{g})) - 3 \cdot \Delta_f H (\text{O}_2 (\text{g})) = \\ &= 2 \cdot \Delta_f H (\text{H}_2\text{O} (\text{l})) + 2 \cdot \Delta_f H (\text{SO}_2 (\text{g})) - 2 \cdot \Delta_f H (\text{H}_2\text{S} (\text{g})) = -1123,4 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta G = -1123,4 \text{ kJ/mol} - 298,15 \text{ K} \cdot (-390 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol}\cdot\text{K}) = -1007 \text{ kJ/mol}$$