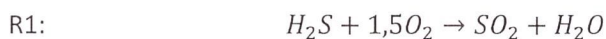


- Laskimen ja kurssimateriaalin käyttö sallittu
- Vastausaika vähintään 2 h. Osan I voi vaihtaa osaan II heti kun haluaa.
- Muistathan antaa palautetta Kaiku-järjestelmän kautta saadaksesi opintosuorituksen.
- Kysymyspaperia ei tarvitse palauttaa.

1. Rikin valmistuksessa kemian teollisuudessa tehdään rikkivedystä rikkiä kaksivaiheisessa prosessissa, jossa reaktioyhtälöt ovat

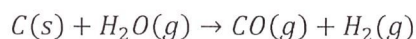


Reaktion 1 konversiokerroin rajoittavalle aineelle on  $X_1 = 0,3$ . Reaktiolle 2 konversiokerroin rajoittavalle aineelle on  $X_2 = 0,9$ . Reaktio R1 tapahtuu ensin ja sitten reaktio R2. Prosessiin menee sisään  $n_{\text{H}_2\text{S},\text{in}} = 2 \text{ mol}$  ja  $n_{\text{ilma}} = 20 \text{ mol}$ .

- a) Tee reaktioille prosessikaaviot (1p)
- b) Tee reaktioille ainetase (moolimäärät riittävät) (3p)
- c) Tee ainetase aineille  $\text{S}$ ,  $\text{O}_2$  ja  $\text{H}_2$ . (1p)

Ainetase voi olla molemmille reaktioille samassa taulukossa.

2. Reaktiolla



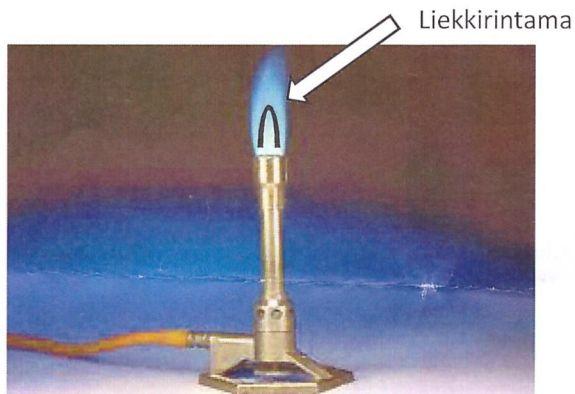
, joka tapahtuu lämpötilassa  $T = 700 \text{ C}^\circ$  ja paineessa  $p = 2 \text{ bar}$ , on Gibbsin energia  $\Delta G = -3710,58$ . Reaktioon menee sisään ainemäärät  $n_{\text{C},\text{in}} = 3$ ,  $n_{\text{H}_2\text{O},\text{in}} = 2$ .

- a) Laske reaktion termodynaaminen tasapainovakio  $K$  (1p)
- b) Laske reaktion konversio ja ainetase (moolimäärät riittävät). (3p)
- c) Mikäli reaktion painetta kasvatetaan  $p = 3 \text{ bar}$ -arvoon, mihin suuntaan reaktion konsentraatiotasapainovakio  $K_C$  muuttuu? (1p)

**KÄÄNNÄ!**

3. Bunsenlampussa poltetaan hiilimonoksidia. Ilma-aukko on avattu täysin ja oletetaan liekkiin kulkeutuvan esisekoittunut polttoaine, joka sisältää stoikiometrisen määrän ilmaa ja hiilimonoksidia. Reaktio tapahtuu täydellisesti. On todettu, että liekin kuumin lämpötila voidaan arvioida liekkirintamassa (ks. kuva) tapahtuvan reaktion adiabaattisen lämpötilan avulla.
- a) Mikä on näin arvioituna liekin lämpötila? (4p)
- b) Jos reaktioon ilmaa yli-ilmakertoimella  $\lambda = 1.3$ , niin mihin suuntaan loppulämpötila muuttuu ja miksi? Vastaus ja perustelu riittävät (1p)

Alla taulukot tarvittavista lähtöarvoista. Oletetaan, että ilma ja hiilimonoksidi menevät prosessiin  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa. Arvioi  $c_p$  -arvot lähtö- ja loppulämpötilan keskiarvolämpötilalla, käytä kaavaa  $c_p = a + bT$ .



( $T_{\text{ref}}=298\text{K}$ )	a	b	$H_r^m$
	J/molK	J/molK	J/mol
CO (g)	29,6127	0,00301	-111700
CO <sub>2</sub> (g)	44,3191	0,0073	-394088
O <sub>2</sub> (g)	30,5041	0,00349	0
N <sub>2</sub> (g)	29,2313	0,00307	0