

### Ene-39.3004 Kemiallinen termodynaamikka

Tentti 21.10.2013 klo 16.00-20.00. Jokaiseen vastauspaperiin nimi, osasto, vsk ja opintokirjan numero

1. Suljettu säiliö jonka tilavuus on 50 litraa, sisältää happea paineessa 10 MPa ja lämpötilassa 20 °C. Säiliön jäädytettiin lämpötilaan -100°C. Käyttämällä reaalikaasun tilanyhtälö, laskea lopullinen paine säiliössä. Hapen kriittinen piste on (-118,8 °C, 50,35 bar). Liitteenä kokoonpuristuvuusdiagrammi.
2. Laske kemiallinen potentiaali ja Gibbsin energia
  - a) säiliössä olevalle vesihöyrylle ( 1 kg) paineessa 5 MPa ja lämpötilassa 500 K.
  - b) hiilelle ( 1 kg) lämpötilassa 600 K ja paineessa 3 bar.
  - c) hiilivarastossa ( tilavuus 1 m<sup>3</sup> ) olevalle hiilelle ( 1 kg) lämpötilassa 25 °C ja 1 bar. Varastossa muu osa on ilmaa ( 25 °C, 1 bar).

Hiilen tiheys on 2000 kg/m<sup>3</sup>.

3. Kattilassa poltetaan jyrsinturvetta, jonka vesipitoisuus on 48 % (painoprosenttia) ja turpeen alkuainekoostumus on : hiili 60 % (painoprosenttia), vetyä 6 %, rikkiä 0.2 %, happea 29 %, typpeä 1.5 % ja loput tuhkaa. Laske kattilasta saatava lämpöteho, kun turvetta poltetaan 4 kg/s ilmakertoimella  $\lambda = 1.15$  ja kun savukaasut poistuvat kattilasta lämpötilassa 185°C. Palamisilma otetaan kattilaan lämpötilassa 300K ja kattilan häviötehot ovat 2.5 % polttoainetehosta.
4. Polttokennossa on kuusi kennoa kytkettynä sarjaan. a) Laske teoreettinen napajännite, kun vedyn paine on 4 bar ja polttokennon lämpötila on 25 °C ja kun polttokennon tarvittava happi otetaan suoraan huoneilmasta b) laske vedyn kulutus, kun polttokennosta otetaan 50 A:n virta c) laske polttokennon hyötysuhde (sähköteho/vedyn kulutus $\times\Delta H$ ), kun kuuden sarjaan kytketyn kennon kokonaisjännite on 4 V.
5. Reaktion  $N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = N_2O(g)$  tasapainovakio lämpötilassa 1900 K on mittausten mukaan  $K = 10^{-6}$  ja reaktioentalpia samassa lämpötilassa on mittausten mukaan  $\Delta H = 88 \text{ kJ/mol}$ . Laske tämän perusteella typpioksidin  $N_2O(g)$  absoluuttinen entropia lämpötilassa 1900K ja yhden barin paineessa. Typpikaasun entropia tässä lämpötilassa ja paineessa on  $s^0 = 250,2 \text{ J/molK}$  ja happikaasun entropia  $s^0 = 266,8 \text{ J/molK}$ .
6. Mitä ilmakerrointa on käytettävä kaasuturbiinin polttokammiossa, jotta adiabaattinen lämpötila olisi 1260 K? Polttoaineen  $C_p H_{2n}$  lämpöarvo standarditilassa on 42 MJ/kg. Tulevan ilman lämpötila on 410 K. Palaminen oletetaan täydelliseksi.