

Vastaa kaikkiin kysymyksiin, jokaisen tehtävän maksimipistemäärä on kuusi pistettä.  
Malliratkaisuihin voit tutustua tentin jälkeen (~klo 16 ) Optiman työtilassa, mistä löytyy myös linkki palautelomakkeeseen. **Huom. kurssipalaute on osa kurssin suoritusta!**

1 Määrittele seuraavat käsitteet?

- a) reaktioentalpia
- b) stationääritila
- c) reversiibeli reaktio
- d) isoterminen reaktori
- e) BAT
- f) heterogeeninen katalyyssi

2 Ovatko seuraavat väitteet totta vai tarua? Perustelut?

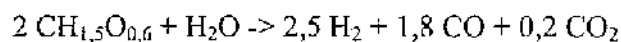
- a) Panosreaktorin stationääritila on aina myös termodynaaminen tasapainotila.
- b) Adiabaattisessa reaktorissa reaktiossa vapautunut tai sitoutunut energiamäärä aiheuttaa reaktioliuoksen lämpötilan muutokseen.
- c) Ideaalisen sekoitussäiliöreaktorin sisällä on sekoituksesta huolimatta konsentraatiogradientti.
- d) Panosreaktorin mitoitusyhtälö on muotoa  $N_{A0} dX_A/dV = -r_A t$
- e) Kahden peräkkäisen putkivirtausreaktorin kokonaiskonversio saadaan laskemalla yhteen molempien reaktorien yksittäiset konversiot.
- f) Reaktioentalpian perusteella voi arvioida reaktorin jäähdytystarvetta.

3a) Määrittele teollisuuden ympäristökuormitus, sen hallinta ja arviointi.

b) Kuvaile teollisten bioreaktorien erityispiirteitä.

4) Katalyyysin rooli vihreän kemian mukaisten prosessien kehittämisessä?

5) Synteesikaasua voidaan valmistaa kaasuttamalla hiilihydraattipohjaista biomassaa ja tuotekaasun vetypitoisuutta voidaan parantaa lisäämällä syöttöön vesihöyryä. Koska biomassan koostumus vaihtelee, myös tuotekaasun koostumus riippuu paljon sekä raaka-aineesta että kaasutusmenetelmästä. Reaktiota voidaan kuitenkin approksimoida yleisesti seuraavalla reaktioyhtälöllä.



Jatkuvatoimiseen kaasutusreaktoriin syötetään biomassaa 1 000 kg/h. Jos prosessiin syötetyn biomassan ( $\text{CH}_{1,5}\text{O}_{0,6}$ ) konversio on 90 %, niin paljonko pitää olla reaktion selektiivisyys hiilimonoksidin suhteen, jotta tuoteseos sisältäisi hiilimonoksidia 900 dm<sup>3</sup>/h (NTP olosuhteissa)? Entä mikä on tällöin hiilimonoksidin saanto?

Kaasutuskaasusta puhdistettu hiilimonoksidin ja vedyn seos (=synteesikaasu) syötetään jatkuvatoimiseen sekoitussäiliöreaktoriin, jossa niistä tuotetaan alkaaniyhdisteitä Fischer-Tropsch -reaktiolla. Puhdistuksessa poistetaan mm. reagoimattomia tervakomponentteja. Sen jälkeen synteesikaasun tilavuusvirta on 1 500 m<sup>3</sup>/h ja sen sisältämä hiilimonoksidin moolivirta on 28 kmol/h. Laske tarvittavan sekoitussäiliöreaktorin tilavuus, jos hiilimonoksidin konversioksi Fischer-Tropsch -reaktiossa halutaan vähintään 95 %. Reaktionopeuden riippuvuudeksi konversiosta on määritetty seuraava yhtälö  $-r_A = 0,01 /s * C_{A0} * (1-X_A)^2$ , jossa  $X_A$  on lähtöaineen A konversio ja  $C_{A0}$  lähtöaineen konsentraatio syötössä.