

CHEM-A1120 - Virtaustekniikka ja lämmönsiirto
Välikoe 2 (VK2) , 12.4.2021 kl 9-14, Mellanprov 2 (VK2)

- Välikokeen teoriaosuus on kokeen ensimmäinen tunti (1 h)
- Teoriaosa palautetaan Microsoft Word® (.doc/.docx) tai Adobe® PDF muodossa se on tyypiltään suorasanaoinen esseet kuten lukion ainekirjoitus.
- Teoriaosuus päättyy MyCourses –järjestelmässä automaattisesti ja opiskelijan on pidettävä itsensä huolta, että ehtii ajoissa palauttamaan välikokeen teoriaosionsa oikeaan MyCoursen Turnitin palautuslaatikkoon: **Teoria VK2. Sulkeutuu kl 10.00 (Huom! Vastauksessa pitää olla vähintään 20 sanaa, jotta järjestelmä huolii vastauksen.)**
- Kokeen laskuosa on kokeen loppu-aika ja päättyy automaattisesti MyCourses –järjestelmässä, opiskelijan on pidettävä itse huolta, että ehtii ajoissa palauttamaan välikokeen teoriaosionsa oikeaan MyCoursen palautuslaatikkoon, **Laskut VK2 sulkeutuu kl 13.00.**
- Kaavaeditorin käyttö vastauksissa on suositavaa mutta on sallittua kuvata siistit käsinkirjoitetut laskut (kaavat, kaavaan sijoitukset, yksiköt, tms) ja liittää ne vastaukseen, mutta vastaajan on huolehdittava siitä, että jälki on selkeää ja luettavaa ja tiedostot eivät paisu järjettömän suuriksi.
- Palauta laskuosa yhtenä (1) failina Microsoft Word® (.doc/.docx) tai Adobe® PDF
- Laskuosan saa aloittaa teoriakokeelle varattuna aikana
- Kaikkiin tehtäviin vastataan

Svenska

- Mellanprovets teoridel är första timmen (1h) av provet.
- För dem som skriver Mellanprov 1 vid sidan om Mellanprov 2 har tid 1.5 h tillsammans
- Teoridelen återlämnas med Microsoft Word® (.doc/.docx) eller Adobe® PDF format.
- Teoridelen är essä, som en uppsatsskrivning i skolan.
- Teoridelen slutar automatiskt och studenten måste själv se till att teoridelen återlämnas i tid till den rätta Turnitin återlämnings låda: **Teoria VK2. Stängs kl 10.00 (Obs! Svaret måste ha minst 20 ord för att systemet kan ta emot svaret)**
- Provets räkningar, som är tidsmässigt provets sluttid, slutar automatiskt i MyCourses, studenten måste själv se till att räkningarna återlämnas i tid till den rätta återlämnings låda: **Laskut VK2 stängs kl 13.00**
- Att använda en ekvations editor är önskvärt men det är tillåtet att fotografera snygga handskrivna räkningar (ekvationer, enheter etc.) och sammanbinda dem till ditt svar. Men du måste ta hand om att svaret är snyggt, lätt att läsa och att filerna inte blir alltför stora
- Lämna in räkningarna som en (1) fil Microsoft Word® (.doc/.docx) eller Adobe® PDF
- Du kan börja på med räkningarna redan under teoridelen
- Svara på alla frågor

Teoria/Teori

T1 8p

Työskentelet aamusta lähtien huhtikuun alkupuolella työpöytäsi ääressä ikkunan edessä. Ikkunan alla on valurautapatteri, jota lämmittää lämmitysvesi. Vettä patteriverkossa kierrättää talon pannuhuoneessa oleva pumppu. Seinä on paksu tiilistä muurattu sekä ulko- että sisäseinässä on rappaus. Seinä on hieman viileä patterin vieressä. Ikkuna on kolmikerroksinen, kerrosten välissä on argonia. Ikkunanpuitteessa on ilmanottoventtiili. Olet joskus kokeillut sitä sormella ja todennut vionon ilmarvirran virtaavan sisään. Kello kahdentoista aikaan aurinko on kiertänyt etelään ja tulee näkyviin ikkunasta ja sinulle tulee kuuma.

Kirjoita yllä olevasta kuvauksesta essee, jossa kuvaat kurssilla opituilla ilmiöillä, fysiikalla ja käsitteillä lämmön siirtymisen huoneeseen ja huoneesta pois yo. kuvauksen mukaisessa tilanteessa. Selitä lyhyesti (avaa) käytetyt termit (n. 4 kpl). Kirjoita tiiviisti, suuri määrä tekstiä ei osoita suurempaa osaamista.

T1 8p Svenska

Du har arbetat sedan morgonen vid ditt skrivbord framför ditt fönster. Det är början av april. Under fönstret är en radiator (värmebatteri) av gjutjärn som värms med vatten. I ledningsnätet cirkuleras vattnet med en pump. Väggen är ganska tjock av murat tegel med ett lager av rappning både ute och inne. Väggen är sval bredvid radiatoren (värmebatteri). Fönstret har tre glas lager, mellan lagren finns det argon. I fönsterbågen finns det en luftintagnings ventil. Du har någon gång känt med ditt finger och konstaterat att en liten ström av sval luft strömmar in. Klockan tolv har solen vänt sig till söder och börjat skina in i ditt rum. Det blir varmt för dig.

Skriv en essä av beskrivningen ovan. Beskriv vad som händer med fenomen, fysik och begrep du har lärt dig på kursen om hur värme transporteras in och ut från rummet. Förklara kort termerna du använder (ungefär 4 stycken). Skriv kompakt text, mycket text visar inte bättre kunnande.

Laskut/Räkningar

L1. (6p)

150 m³ bioreaktorissa tuotetaan biomassaa. Prosessin hapenkulutus O₂ on 1,5 kg/(m³ h). Prosessin bioreaktio on eksotermisen ja sen lämmöntuotanto on kulutettua O₂ moolia kohti 460 kJ/mol. Reaktorin sekoituksesta bioreaktoriin aiheutuu lämpövirta 1,0 kW/m³. Reaktorin vaipassa kiertyy 10 °C:sta jäähditysvedtä 60 m³/h. Oletetaan, että systeemi toimii jatkuvatoimisessa tilassa (steady state) ja kaikki syntynyt lämpö siirtyy jäähditysveteen. Laske jäähditysveden poistumislämpötila. Hapen (O₂) M= 32 g/mol, jäähditysveden Cp= 4,19 kJ/kg °C, tiheys 1000 kg/m³.

L1. (6p)

Biomassa produceras i en 150 m³ bioreaktor. Syreförbrukningen (O₂) av processen är 1,5 kg / (m³ h). Bioreaktionen i processen är exotermisk och dess värmeproduktion är 460 kJ/mol (per förbrukad O₂ mol). Värmeffödet till reaktorn från blandning är 1,0 kW/m³. Till reaktorns mantel matas kylvatten 60 m³/h, vattnets temperatur 10 °C. Det antas att systemet är i steady state och all den värme som genereras överförs till kylvattnet. Beräkna kylvattnets temperatur i utflödet. Syre (O₂) M = 32 g / mol, kylvattnet Cp = 4,19 kJ/(kg °C), densitet 1000 kg / m³.

L2. (6p)

Prosessiliuosta lämmitetään kylläisellä höyryllä (1-2) -lämmönsiirtimessä, jossa prosessiliuos on putkipuolella ja höyry vaippapuolella. Prosessiliuoksen virtaama on $250 \text{ m}^3/\text{h}$. Siirtimessä virtaus menee kerralla 50 putken läpi. Putkien ulkohalkaisija 25 mm ja seinämän paksuus 2 mm. Prosessiliuoksen syöttölämpötila on $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ulosmenolämpötila $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Höyryn paine on 1.5 bar ja höyrystä käytetään vain lauhtumislämpö eli poistuva lauhde on kylläistä nestettä. Vaippapuolen lämmönsiirtokerroin on $8000 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

- Laske kuinka paljon höyryä tarvitaan 1p
- Laske kokonaislämmönläpäisykerroin 3 p
- Laske tarvittava lämmönsiirtopinta-ala 2p

Prosessiliuoksen keskimääräisiä ainearvoja: $\bar{\rho} = 640 \text{ kg}/\text{m}^3$, $\bar{\eta} = 0.70 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/(\text{m s})$, $\bar{c}_p = 0.880 \text{ kJ}/(\text{kg K})$, $\bar{\lambda} = 0.185 \text{ W}/(\text{m K})$

Veden ainearvoja: Kylläinen höyry 1,5 bar, $T = 111 \text{ }^\circ\text{C}$, höyrystymislämpö $2227 \text{ kJ}/\text{kg}$

Putkimateriaali on terästä ja lämmönjohtavuus $45 \text{ W}/(\text{m K})$

Putkipuolen lämmönsiirtokerroin lasketaan

$$\overline{Nu} = 0.023 \overline{Re}^{0.8} \overline{Pr}^{0.33}$$

L2. (6p)

Processvätska värms med mättad ånga i en (1-2) -värmeväxlare, process vätskan strömmar i rören, ångan strömmar på mantel sidan. Strömningen av process vätskan är $250 \text{ m}^3/\text{h}$. I värmeväxlaren strömningen strömmar på en gång i 50 rör. Yttre diametern av rören är 25 mm och tjockheten av rörets vägg är 2 mm. Inmatnings temperaturen av process vätskan är $30 \text{ }^\circ\text{C}$ och utströmningens temperatur är $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Trycket av ångan är 1,5 bar, vi antar att bara förångningsvärmens tas till bruk i processen dvs. att ut från mantel sidan strömmar mättad vatten. Värmeöverföringskoefficienten på mantelsidan är $8000 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

- Hur mycket ånga behövs 1p
- Beräkna den totala värmeöverföringskoefficienten (kokonaislämmönläpäisykerroin). 3p
- Bestäm värmeväxlarens yta 2p

Fysikaliska egenskaper av processvätskan: $\bar{\rho} = 640 \text{ kg}/\text{m}^3$, $\bar{\eta} = 0.70 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/(\text{m s})$ □ $\bar{c}_p = 0.880 \text{ kJ}/(\text{kg K})$, $\bar{\lambda} = 0.185 \text{ W}/(\text{m K})$

Fysikaliska egenskaper av vatten: mättad ånga 1,5 bar, $T = 111 \text{ }^\circ\text{C}$, förångningsvärme $2227 \text{ kJ}/\text{kg}$

Rörmaterialet är stål med en värmeledningsförmåga av $45 \text{ W}/(\text{m K})$.

Värmeöverföringskoefficienten som härstammar från konvektion inne i rören:

$$\overline{Nu} = 0.023 \overline{Re}^{0.8} \overline{Pr}^{0.33}$$

L3. (6p)

Mitkä ovat lämpöhäviöt 6 m pituisesta vaakasuorasta höyryputkesta, jonka sisähalkaisija on 54 mm ja ulkohalkaisija 60 mm. Putkessa virtaavan kylläisen vesihöyryn lämpötila on $170 \text{ }^\circ\text{C}$. Ympäristön lämpötila on $17 \text{ }^\circ\text{C}$. Putken pinnan emissiviteetti on 0,85. Putken seinämän lämmönsiirtovastus voi-

daan olettaa mitättömäksi. Ulkopinnan konvektiivinen lämmönsiirtokerroin $h_o = 5,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, Stefan-Boltsman vakio $5,667 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$

- putken seinämän lämmönsiirtovastus mitätön \Rightarrow putken seinämän lämpötila sama kuin kyläisen höyryn lämpötila eli $170 \text{ }^\circ\text{C}$

a) Laske lämpöhäviö? 3p

b) Kuinka paljon lämpöhäviöt pienevät, jos putki päällystetään 50 mm paksulla eristekerroksella, jonka lämmönjohtavuus on $\lambda=0,07 \text{ W/(m K)}$ ja jonka pinnan emissiviteetti on 0,80. Lämmönsiirtokerroin eristekerroksen ulkopinnasta ympäristöön on 15 % pienempi kuin alkuperäisessä tapauksessa putken pinnasta ympäristöön? 3p

(Helpotus b) kohta: Sinun tulisi saada aikaan neljännen asteen yhtälö muuttujana eristeen ulkopinnan lämpötila. Jos sinulla ei ole yhtälöitä ratkovaa laskinta, niin assarin laskema $T_o=303,5 \text{ K}$, voit vaikka tarkistaa kokeilemalla. Älä kuitenkaan hermostu numeroarvoista, yhtälöt ja laskun flow on tärkeämpi)

L3 (6p)

Vad är värmeförlusterna i ett 6 m långt horisontalt rör. Rörets inre diameter är 54 mm och yttre diametern 60 mm. I röret strömmar ånga vars temperatur är $170 \text{ }^\circ\text{C}$. Omgivningens temperatur är $17 \text{ }^\circ\text{C}$. Emissiviteten av rörets yta är 0.85. Du kan anta rörets värmeresistans obetydlig. Rörets konvektiviska värmeöverföringskoefficient är $h_o = 5,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, Stefan-Boltsman konstant $5,667 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$

- motståndet för värmeöverföring i rörets vägg är mycket liten \rightarrow temperaturen av röret är samma som ångans temperatur $170 \text{ }^\circ\text{C}$

a) Räkna värmeförlusten? 3p

b) Hur mycket minskar värmeförlusterna om röret isoleras med ett 50 mm tjockt lager av isolering $\lambda=0,07 \text{ W/(m K)}$? Isoleringens emissivitet är 0,8. Värmeöverföringskoefficienten är 15% mindre än i punkt a) från rörets yta till omgivningen. 3 p

(Hjälp till punkt b) Du borde få tillstånd en fjärdegradsekvation med isoleringens yttre temperatur som variabel. Om du inte har en kalkylator som kan lösa ekvationer, assistenten räknade $T_o=303,5 \text{ K}$, du kan till exempel pröva och testa. Bli inte nervös om nummervärden, räkningens ekvationer och räkningens flow är det viktigaste.