

Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet
 Institutt for energi- og prosesssteknikk

Kontakt under eksamen:
 Ivar S. Ertesvåg, tlf. 93839

EKSAMEN I FAG TEP4170
 VARME- OG FORBRENNINGSTEKNIKK
 6. juni 2006 Tid: 09.00 – 13.00

Tillatte hjelpemiddel: D – Ingen trykte eller handskrevne hjelpemiddel. Bestemt enkel kalkulator.

- Bruk helst ikke rød blyant/penn, det er holdt av for sensuren.
- Les igjennom oppgavene først. Start med den oppgava du meiner du har best innsikt i. Dersom det er råd, lat ikke noen oppgave være heilt blank. Skriv klart, det lønner seg.

Merk: Desimaltegn er komma.

Oppgaver

1)

Likninga for bevegelsesmengde kan skrives

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\tau_{ij}) + \rho f_i$$

- Utled den Reynolds-midlede likninga for bevegelsesmengde. (Alle ledd skal være med. Du trenger ikke sette inn modell for τ_{ij} .)

- Forklar hva hvert enkelt ledd representerer.

2)

- Vis hvordan du kan utlede ei likning for turbulensenergi.

- Hvilke ledd inneholder likninga, og hvilke av disse må modelleres?

3)

- Skriv opp transportlikninga for middel-bevegelsesmengde med forenklinger for et 2-dimensjonalt grensesjikt mot en vegg.

- Hvordan blir turbulens-skjærspenningen modellert ved Prandtls blandingsveg-modell, og med k - ε -modellen?

4)

Transportlikninga for middel-entalpi inneholder et ledd $-\overline{u_2' h'}$.

- Hvordan kan dette modelleres med Prandtls blandingsveg-modell og med k - ε -modellen?

5)

- Definer blandingsfraksjonen og sett opp transportlikninga (den partielle differensiallikninga) for middel-blandingsfraksjonen.

6)

Du bruker en forbrenningsmodell med foreskrevne sannsynlighetstetthetsfunksjon og likninger for middel og varians av blandingsfraksjonen:

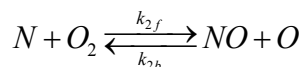
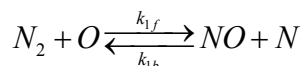
- Hvorfor trenger du ikke et uttrykk for reaksjonsraten \bar{R}_k for å løse systemet?
- Dersom du likevel ønsker å finne reaksjonsraten for et stoff (f.eks. brenselet), hvordan gjør du det?

7)

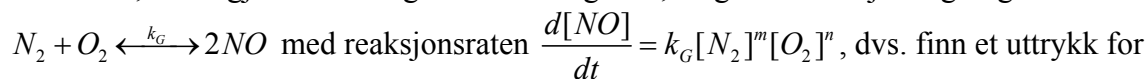
Sett opp prinsipielle reaksjonsligninger for unimolekylære, bimolekylære og termolekylære (tremolekylære) reaksjoner. Diskuter disse med hensyn til viktige karakteristika, f.eks. reaksjonsorden.

8)

Zeldovich-mekanismen for dannelse av NO fra N_2 er:



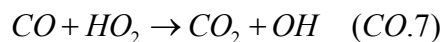
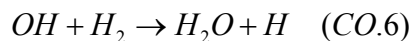
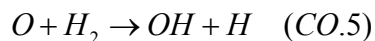
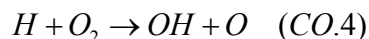
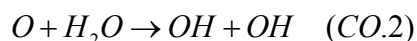
Konstruer, ved å gjøre visse begrunnede antagelser, en global reaksjonsligning



k_G , og finn m og n.

9)

Diskuter CO mekanismen gitt nedenfor, og betydningen av de ulike reaksjonene under ulike reaksjonsbetingelser.



10)

Forklar én-film-modellen, to-film-modellen og kontinuerlig-film-modellen for forbrenning av en karbonpartikkel. Tegn en figur som viser temperaturprofiler og konsentrasjonsprofiler i partikkelen og i atmosfæren rundt partikkelen i en én-film modell.

11)

Forbrenningsraten for karbonpartikkelen i en én-film-modell kan utledes som

$$\dot{m}_C = \frac{Y_{O_2,\infty} - Y_{O_2,s}}{R_{kin} + R_{diff}}$$

$$R_{kin} \equiv \frac{v_l R_u T_s}{4\pi r_s^2 MW_{mix} k_c P}$$

$$R_{diff} \equiv \frac{v_l + Y_{O_2,s}}{\rho D 4\pi r_s}$$

Diskuter de ulike parameterenes innvirkning på forbrenningsraten. Når er forbrenningsraten diffusjonskontrollert og når er den kinetikkontrollert?

12)

Beregn forbrenningsraten til en 250 μm karbonpartikkel i stillestående luft ($Y_{O_2,\infty} = 0,233$)

ved 1 atm ved å anta en én-film modell. Partikkeltemperaturen er 1800 K, og reaksjonskonstanten k_c er 13,9 m/s. Anta at midlere molekylvekt for gassene ved partikkeloverflaten er 30 kg/kmol. Er forbrenningsraten diffusjonskontrollert eller kinetikkontrollert?

Oppgitt: Diffusiviteten til CO_2 i N_2 ved 1800 K er 0,000157 m^2/s .