

IPT toets 1 - 07-05-2018, 11:00-13:00

Cursus: 4051IPTECY Inleiding ProcesTechnologie
Docenten: F. Kapteijn & V. van Steijn

- Lees elke vraag goed door voordat je begint.
 - Schrijf op elk blad je naam en studentnummer en nummer alle bladen.
 - Gebruik een pen, géén potlood.
 - Schrijf op welke berekeningen je uitvoert, de weg naar het antwoord is minstens zo belangrijk als het antwoord zelf.
 - Geef bij getallen ook de bijbehorende eenheden (ook in tussenstappen!).
 - Je kunt in totaal **40** punten halen. De punten zijn per vraag en per deelvraag aangegeven, verdeel je tijd goed.
 - Het is alleen toegestaan om een gewone rekenmachine en een handgeschreven A4-tje te gebruiken, andere zaken zoals boek en grafische rekenmachine zijn niet toegestaan.
 - Smartphones dienen uitgezet te zijn.
-

Belangrijk: Benodigde tabellen en grafiek zijn gegeven op de laatste pagina's.

Vraag 1 (7 pt) Definities, begrippen en korte vragen

- (a) Leg uit, in woorden die een middelbare scholier begrijpt, wat het verschil is tussen 'absolute pressure' en 'gauge pressure'. **(1 pt)**
- (b) In een reactor reageert 1 mol methaan met een te bepalen hoeveelheid zuurstof tot CO₂ en H₂O. Gegeven is dat de procentuele overmaat ('percentage excess') van zuurstof 20% is. Bereken de hoeveelheid toegevoerde zuurstof. Geef daarbij duidelijk aan welke formule(s) je gebruikt. **(1 pt)**
- (c) Geef in het juiste aantal significante cijfers de uitkomst van de volgende berekeningen:
- $320 / 4.286$ **(0.5 pt)**
 - $320 + 4.23$ **(0.5 pt)**
- (d) Leg uit, in woorden die een middelbare scholier begrijpt, wat er bedoeld wordt met het woord 'onvolledig' in 'onvolledige verbranding van methaan'. **(1 pt)**
- (e) Een gasmengsel bevat 3 vol% CH₄, 12 vol% CO₂, 24 vol% N₂ en de rest H₂. Druk deze volumepercentages uit in molpercentages. Leg gemaakte aannames uit. **(1 pt)**
- (f) Leg uit wat Kay's rule is en waarvoor deze gebruikt kan worden. **(1 pt)**
- (g) Vloeistof A wordt samengevoegd met vloeistof B. De dichtheid van het resulterende vloeistofmengsel kan berekend worden met deze formule $1/\rho = x_A/\rho_A + (1 - x_A)/\rho_B$, waarbij x_A de massafractie is van A in het mengsel. Geef de aanname die gemaakt is bij de afleiding van deze formule. Leid de formule af. **(1 pt)**

-- vervolg op volgende pagina --

Vraag 2 (33 pt) Synthese van etheenoxide

Etheenoxide wordt gemaakt door oxidatie van etheen volgens $C_2H_4(g) + 0.5 O_2(g) \rightarrow C_2H_4O(g)$ met als ongewenste zijreactie de volledige verbranding van etheen tot water en koolstofdioxide.

Het stationair draaiende industriële proces ziet er als volgt uit: de ingangsstroom voor dit proces (stroom 1) bevat 60 mol% C_2H_4 en 40 mol% O_2 . Deze stroom wordt eerst gecombineerd met een recyclestroom (stroom 5) alvorens de gecombineerde stroom (stroom 2) de reactor instroomt. Stroom 2 bevat 64 mol% C_2H_4 . De 'single pass conversion' van etheen is 25%. De stroom die de reactor verlaat (stroom 3) gaat naar een scheider. Het gewenste product, etheenoxide, verlaat de scheider als stroom 4 samen met al het geproduceerde water en koolstofdioxide. Het moldebiet van stroom 4 is 100 mol/s. De overige componenten verlaten de scheider via stroom 5 en worden gerecycled, zoals hierboven vermeld.

- (a) Geef de meest algemene vorm van een materiaalbalans. **(1 pt)**
- (b) Leg gemotiveerd uit welke termen je kunt weglaten in deze algemene vorm van de materiaalbalans indien je het hele proces ('overall') beschouwt: (1) met molecuulbalansen, (2) met atoombalansen. **(1 pt)**
- (c) Teken en label een stromingsdiagram van dit proces op een volledige A4 pagina. Verwerk hierin alle relevante informatie. **(8 pt)**
- (d) Voer achtereenvolgens een vrijheidsgradenanalyse uit voor (1) het hele proces, (2) de reactor, (3) de scheider en (4) de reactor en scheider tezamen; benoem daarbij expliciet welke parameters onbekend zijn en welke balansen en relaties gebruikt kunnen worden bij het oplossen. **(8 pt)**
- (e) Leg op basis van de analyse in (d) uit welke subsystemen achtereenvolgens te analyseren en leg ook uit of alle onbekenden dan opgelost kunnen worden. **(2 pt)**

Beschouw het hele proces:

- (f) Stel alle onafhankelijke materiaalbalansen op. **(4 pt)**
- (g) Bereken de molfracties in stroom 4 en het moldebiet van stroom 1. **(3 pt)**
- (h) Bereken de 'overall conversion' van dit proces. **(1 pt)**

Vragen over verschillende onderdelen:

- (i) Gebruik het gegeven over de 'single pass conversion' om een relatie op te stellen tussen de moldebieten en de relevante molfracties van stromen 2 en 3. **(2 pt)**
- (j) Bij processen in de praktijk met een recycle wordt er meestal een spui ('purge') gebruikt in de recycle stroom. Leg uit waarom. **(1 pt)**
- (k) De etheen (ook wel 'ethylene') voeding komt uit een opslagtank. Een compressor pompt het naar het proces met een druk van 100 atm en een temperatuur van 340 K. Bereken het volumedebiet (liter/s) dat deze compressor levert als er 150 mol/s aan etheen naar het proces wordt gepompt. Laat met deze berekening ook zien dat dit gas niet als een ideaal mag worden beschouwd. **(2 pt)**

-- einde toets 1, zie tabellen en andere gegevens op volgende blad --

-- Tabellen en andere gegevens --

THE GAS CONSTANT (*R*)

8.314 m³·Pa/(mol·K)

0.08314 L·bar/(mol·K)

0.08206 L·atm/(mol·K)

TABLE B.1 (Continued)

| Compound | Formula | Mol. Wt. | SG (20°/4°) | <i>T_m</i> (°C) ^a | $\Delta\hat{H}_m(T_m)^{b,i}$ kJ/mol | <i>T_b</i> (°C) ^c | $\Delta\hat{H}_v(T_b)^{d,i}$ kJ/mol | <i>T_c</i> (K) ^e | <i>P_c</i> (atm) ^f |
|----------------------------|---|----------|---------------------|--|--|--|--|---------------------------------------|---|
| Chloroform | CHCl ₃ | 119.39 | 1.489 | -63.7 | — | 61.0 | — | 536.0 | 54.0 |
| Copper | Cu | 63.54 | 8.92 | 1083 | 13.01 | 2595 | 304.6 | — | — |
| Cupric sulfate | CuSO ₄ | 159.61 | 3.606 ¹⁵ | — | — | Decomposes > 600°C | | — | — |
| Cyclohexane | C ₆ H ₁₂ | 84.16 | 0.779 | 6.7 | 2.677 | 80.7 | 30.1 | 553.7 | 40.4 |
| Cyclopentane | C ₅ H ₁₀ | 70.13 | 0.745 | -93.4 | 0.609 | 49.3 | 27.30 | 511.8 | 44.55 |
| <i>n</i> -Decane | C ₁₀ H ₂₂ | 142.28 | 0.730 | -29.9 | — | 173.8 | — | 619.0 | 20.8 |
| Diethyl ether | (C ₂ H ₅) ₂ O | 74.12 | 0.708 ²⁵ | -116.3 | 7.30 | 34.6 | 26.05 | 467 | 35.6 |
| Ethane | C ₂ H ₆ | 30.07 | — | -183.3 | 2.859 | -88.6 | 14.72 | 305.4 | 48.2 |
| Ethyl acetate | C ₄ H ₈ O ₂ | 88.10 | 0.901 | -83.8 | — | 77.0 | — | 523.1 | 37.8 |
| Ethyl alcohol (Ethanol) | C ₂ H ₅ OH | 46.07 | 0.789 | -114.6 | 5.021 | 78.5 | 38.58 | 516.3 | 63.0 |
| Ethyl benzene | C ₈ H ₁₀ | 106.16 | 0.867 | -94.67 | 9.163 | 136.2 | 35.98 | 619.7 | 37.0 |
| Ethyl bromide | C ₂ H ₅ Br | 108.98 | 1.460 | -119.1 | — | 38.2 | — | 504 | 61.5 |
| Ethyl chloride | C ₂ H ₅ Cl | 64.52 | 0.903 ¹⁵ | -138.3 | 4.452 | 13.1 | 24.7 | 460.4 | 52.0 |
| 3-Ethyl hexane | C ₈ H ₁₈ | 114.22 | 0.717 | — | — | 118.5 | 34.27 | 567.0 | 26.4 |
| Ethylene | C ₂ H ₄ | 28.05 | — | -169.2 | 3.350 | -103.7 | 13.54 | 283.1 | 50.5 |
| Ethylene glycol | C ₂ H ₆ O ₂ | 62.07 | 1.113 ¹⁹ | -13 | 11.23 | 197.2 | 56.9 | — | — |
| Ferric oxide | Fe ₂ O ₃ | 159.70 | 5.12 | — | — | Decomposes at 1560°C | | — | — |

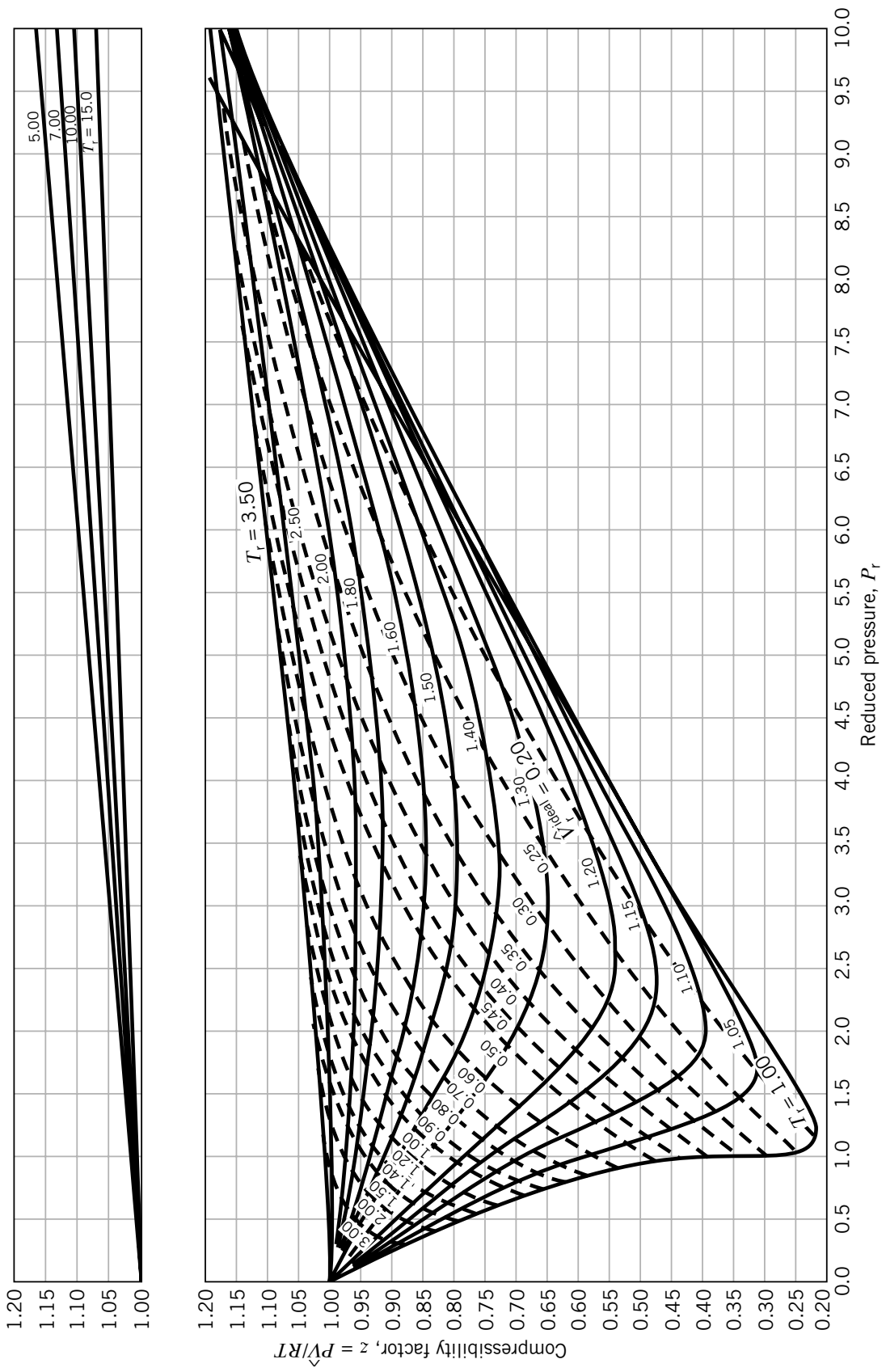


Figure 5.4-3 Generalized compressibility chart, medium pressures. (From D. M. Himmelblau, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, 3rd Edition, copyright © 1974, p. 176. Reprinted by permission of Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.)