



2. Karol W.

Część pierwsza

$$V = \frac{Z \cdot Z^{(0)} + \omega Z^{(1)}}{P} \cdot \frac{2RT}{P}$$

$$Z = Z^{(0)} + \frac{\omega}{Z^{(0)}} (Z^{(1)} - Z^{(0)})$$

$$V = \frac{ZRT}{P}$$

1) Stosując równanie Lee-Kessiera dla pewnego gazu otrzymano następujące wartości współczynników ściśliwości:
 $Z^{(0)} = 0.91$; $Z^{(1)} = 0.1$ dla ciśnienia $P = 400$ kPa i temperatury 300 K. Obliczyć objętość 1 mola tego gazu.
 Dane dodatkowe: $R = 8,314$ J/(mol.K); współczynnik acentryczny $\omega = 0,2$.

2) Eter etylowy otrzymuje się w reakcji odwodnienia etanolu.
 $2 C_2H_5OH \rightarrow (C_2H_5)_2O + H_2O$
 Stopień przereagowania etanolu przy jednorazowym przejściu przez reaktor wynosi $0,9$, a nieprereagowany etanol po rozdzieleniu produktów reakcji zawraca się ponownie do reaktora. Obliczyć, w jakiej ilości dostarczać trzeba świeży etanol, aby produkować 148 kg eteru na godzinę. Przyjąć, że do reaktora doprowadzany jest 100% -owy etanol.

3) W piecu o specjalnym przeznaczeniu jako paliwo spala się etan w czystym tlenie. Ilość doprowadzanego etanu - 1 mol/min. Reakcję spalania przedstawia równanie:
 $C_2H_6 + 3,5 O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$

i dla ułatwienia przyjmujemy, że spalanie następuje w sposób stechiometryczny.
 Obliczyć jaką ilość ciepła dostarcza ten piec w ciągu minuty, jeżeli temperatura spalania (i gazów odlotowych) wynosi 1298 K.

Dane pomocnicze w temperaturze standardowej 298 K: ciepło tworzenia i pojemność ciepłota.

Substancja	ΔH_f° kJ/mol	$C_p = a + bT$ J/(mol K)	
		a	b
1) C_2H_6	-85	5,4	0,18
2) $2 CO_2$	-394	-20	-0,07
3) $3 H_2O$	-242	32	0,002
4) O_2	-	28	-

Standardowa entalpia
 $\Delta H_{r,298}^\circ = -(-85) + 2(-394) + 3(-242) = -1425$

Entalpia w T
 $\Delta H_{r,T}^\circ = \Delta H_{r,298}^\circ + \int_{298}^T (32 - 0,034T) dT$
 $= -1425 + [32T - 0,017T^2]_{298}^T$
 $= -1425 + 32T - 0,017T^2 + 298(0,017) - 298(32)$
 $= -1425 + 32T - 0,017T^2 + 5,066 - 9536$
 $= -11355,934 + 32T - 0,017T^2$

Różnica pojemności cieplnych
 $\Delta C_p^\circ = [2(5,4) + 3(32)] - [3,5(28) + 5,4] = [10,8 + 96] - [98 + 5,4] = 106,8 - 103,4 = 3,4$

$\Delta C_p = 3,4 - 0,034T$



X na 9. - 100.000 u
100.000 u
 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{100.000}{100} = 1000 \text{ kg/m}^3$
 $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 100 = 100.000 \text{ kg}$
 $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 100 = 100.000 \text{ kg}$

Imię i nazwisko
 Nr albumu

1. stosując równanie Lee-Keslera otrzymano dla pewnego gazu następujące wartości współczynników ściśliwości: $Z^{(0)} = 0,91$; $Z^{(1)} = 0,95$ w temperaturze $T = 300 \text{ K}$ i przy ciśnieniu $1,013 \text{ MPa}$. W tych warunkach gaz ten magazynuje się w zbiorniku o pojemności 100 m^3 . Obliczyć lic kilogramów gazu poniesie koszt ten zbiornik.
 Dane dodatkowe: $R = 8,314 \text{ J/(mol K)}$, współczynnik akcentryczny gazu $a = 0,2$; współczynnik akcentryczny pynu odniesienia $a^{(0)} = 0,3978$.

$Z = Z^{(0)} + \frac{w}{w_R} (Z^{(1)} - Z^{(0)})$
 $Z = 0,91 + \frac{0,2}{0,3978} (0,95 - 0,91)$
 $Z = 0,93$
 $W = \frac{ZRT}{P} = \frac{0,93 \cdot 8,314 \cdot 300}{1,013} = 2,2 \cdot 10^5 \text{ J}$

2. W piecu o specjalnym przeznaczeniu spala się etan w czystym tlenie. Ilość doprowadzanego etanu 1 mol/min. Reakcję spalania przedstawia równanie:
 $0 = C_2H_6 - 3,5 O_2 - 2CO_2 - 3H_2O$

3. Dane jest urządzenie składające się z trzech modułów. Oznaczyć symbolami wielkości charakteryzując powyższy schemat, ułożyć równania bilansowe opisujące przepływy. przedstawić w postaci macierzowej.

Substancja	ΔH_r° kJ/mol.	$C_p = a - bT$ J/(mol K)	
		a	b
C_2H_6	-85	5,4	0,18
CO_2	-394	20	0,07
H_2O	-242	32	0,002
O_2		28	

Model 1: $q_{30K} + a_{21K} f_{1K} = q_{1K}$
 Model 2: $a_{21K} f_{1K} = f_{2K}$
 Model 3: $q_{30K} + a_{21K} f_{1K} = a_{30K} f_{2K} + q_{30K}$
 $-a_{21K} f_{1K} - f_{2K} = q_{1K}$
 $-a_{21K} f_{1K} - f_{2K} = 0$
 $f_{3K} = a_{31K} f_{1K} - a_{30K} f_{2K} = q_{30K}$

4.101.2025
 10.343357


$$\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A^2} = - \int_0^t k dt$$
$$- \frac{1}{C_A} \Big|_{C_{A0}}^{C_A} = - kt \Big|_0^t = -k(t-0) = -kt$$
$$- \left(\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} \right) = -kt \Rightarrow \frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = kt$$

ponieważ $C_{A0} = 1$ to:

$$\frac{1}{C_A} - 1 = kt$$
$$C_A = kt + 1$$
$$C_A = \frac{1}{kt+1}$$
$$C_A = \frac{1}{15+1} = \frac{1}{6} \quad \left[\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$$
$$\alpha = \frac{C_{A0} - C_A}{C_{A0}} = \frac{1 - \frac{1}{6}}{1} = \frac{5}{6}$$

5. Jaki będzie stopień przereagowania substratu A jeśli stężenie początkowe substratu B wynosi 1,2 mol/dm³

$$\alpha_A = ? \quad C_{B0} = 1,2 \text{ mol/dm}^3$$
$$C_{A0} = 1 \text{ mol/dm}^3$$

A + B → produkty

$$\alpha = \frac{C_{A0} - C_A}{C_{A0}}$$
$$- \frac{dC_A}{dt} = k C_A C_B \quad ; \quad C_{A0} < C_{B0}$$
$$C_A = C_{A0} (1 - \alpha)$$



11)

Wymagano dla pewnego gazu
mające następujące wartości współczynników
ściśliwości: $\alpha^{(0)} = 0.91$ $\alpha^{(R)} = 0.95$
w temperaturze $T = 300\text{ K}$ i przy ciśnieniu
 1.013 MPa . W tych warunkach gaz
ten magazymuje się w zbiorniku
o pojemności 100 m^3 . Obliczyć ile
kilomboli gazu pomieścić może
ten zbiornik.

Dane dodatkowe:
 $R = 8.314\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$, współczynnik
centryczny gazu $\omega = 0.2$
Współczynnik centryczny pędu
admiensia $\omega^{(R)} = 0.3978$

α - współczynnik ściśliwości
 ω - współczynnik centryczny

Równanie Lee-Keslera

$$\alpha = \alpha^{(0)} + \left(\frac{\omega}{\omega^{(R)}}\right) (\alpha^{(R)} - \alpha^{(0)})$$

Dane:

$\alpha^{(0)} = 0.91$
 $\alpha^{(R)} = 0.95$
 $T = 300\text{ K}$
 $p = 1.013\text{ MPa}$
 $V = 100\text{ m}^3$
 $R = 8.314\text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$
 $\omega = 0.2$
 $\omega^{(R)} = 0.3978$

Rozwiązanie:

$$\alpha = 0.91 + \left(\frac{0.2}{0.3978}\right) (0.95 - 0.91) = 0.930$$
$$pV = n\alpha RT \rightarrow n = \frac{pV}{\alpha RT} = \frac{1.013 \cdot 10^5 \cdot 100}{0.930 \cdot 8.314 \cdot 300} = 4367\text{ mol} =$$
$$= 4.37\text{ kmol}$$



spala sie etan w czystym powietrzu
Ilosc doprowadzanego 1 mol/min.
Reakcje spalania przedstawia równanie

$$0 = -C_2H_6 - 3.5O_2 + 2CO_2 + 3H_2O$$

i dla ułatwienia przyjmujemy że
spalanie przebiega w sposób stechiometryczny
doliczyć jaka ilość ciepła dostarcza
ten piec w ciągu minuty jeżeli
temperatura spalania wynosi 1298 K.

Dane pomocnicze w temperaturze standardowej
298 K: entalpia tworzenia i pojemność cieplna.

Substancja	ΔH_f° kJ/mol	$C_p = a + bT$	
		a	b
C_2H_6	1 -85	-1×5.4	1×0.18
CO_2	2 -394	2×20	2×0.07
H_2O	3 -242	3×32	3×0.002
O_2	3.5 -	3.5×28	$3.5 \times -$

Substancje fizyczny z
produkty pizenny z " + "

Dane:
 $n = 1 \text{ mol/min}$
 $T = 1298 \text{ K}$
 $\Delta H = ?$

entalpia tworzenia

$$\Delta H_{298} = 85 - 2 \cdot 394 - 3 \cdot 242 = 85 - 788 - 726 = -1429 \text{ kJ/mol}$$

stała wzoru $C_p = a + bT$ [J/(mol·K)]

$$a = -5.4 - 3.5 \cdot 28 + 2 \cdot 20 + 3 \cdot 32 = -5.4 - 98 + 40 + 96 = 32.6$$

$$b = -0.18 - 3.5 \cdot 0 + 2 \cdot 0.07 + 3 \cdot 0.002 = -0.18 - 0 + 0.14 + 0.006 = -0.034$$

stała $C_p = 32.6 - 0.034 T$



Pranolinia

Suma sił ciężkości ułożona w idealną 15 ton (F_g)
 $F_1 = F_2 + F_3$
 $0,015 F_1 = 1 F_3 + 0,012 F_1 + 0,03 F_2$
 $0,003 F_1 = F_3 + 0,027 F_2$
 $1100 = F_1 + F_2 + F_3$
 $0,003 \times 1100 = 1 F_3 + 0,027 \times 1100$

$k = \text{stała szybkości reakcji}$

Imię i nazwisko
 Nr albumu

$\alpha = z^0 \left(\frac{v}{\omega e} \right) (z^2 - z^0)$

1. Skonstruuj równanie Law-Kullera otrzymując dla pierwszego gazu odpowiadając wartości współczynników ściśliwości: $Z^{(1)} = 0,91$; $Z^{(2)} = 0,95$ w temperaturze $T = 350 \text{ K}$ i przy ciśnieniu $1,013 \text{ MPa}$. W tych warunkach gaz ten magnezuje się w zbiorniku o pojemności 100 m^3 . Obliczyć ile kilogramów gazu porcja może ten zbiornik. $pV = nRTZ$
 Dane dodatkowe: $R = 8,314 \text{ J/(mol K)}$, współczynnik korekcyjny gazu $a = 0,2$; współczynnik korekcyjny przy odniesieniu $a^{(2)} = 0,3978$.

2. W piecu o specjalnym przekroju spala się ciek w tym samym czasie. Ilość doprowadzanego czasu 1 mol/min . Reakcję spalania przedstawia równanie:
 $0 = -C_2H_6 - 3,5 O_2 + 2CO_2 + 3H_2O$ *gl. 67*

i dla ułatwienia przyjmujemy, że spalanie przebiega w sposób rozmiarowy. Obliczyć jaką ilość ciepła dostarcza ten piec w ciągu minuty, jeżeli temperatura spalania wynosi 1298 K .

Dane pomocnicze w temperaturze standardowej 298 K : entalpia tworzenia i pojemność cieplna

Substancja	ΔH_f° kJ/mol	$C_p = a + bT$ J/(mol K)	
		a	b
C_2H_6	-85	-1×10^{-4}	$1 \times 0,13$
CO_2	-394	2×10^{-4}	$2 \times 0,07$
H_2O	-242	6×10^{-4}	$2 \times 0,052$
O_2	0	$-1,5 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$

3. Dany jest fragment schematu blokowego przepływów łączący trzy moduły. Oznaczone symbolami wielkości charakteryzujące poszczególne moduły, należy mianowicie bilansowo opisać przepływy. przedstawić w postaci macierzowej.

bilans I: $q_{10K} + a_{12K} f_{1K} = q_{20K}$
 Moduł 1: $a_{21K} f_{1K} = f_{20K}$
 Moduł 2: $q_{30K} + a_{31K} f_{1K} = a_{23K} f_{2K} = f_{30K}$

$-a_{12} f_{1K} - f_{20K} = q_{10K}$
 $-a_{21} f_{1K} + f_{20K} = 0$
 $f_{30K} - a_{31K} f_{1K} - a_{23K} f_{2K} = q_{30K}$

$\begin{bmatrix} 1 - a_{12} & 0 & 0 \\ -a_{21} & 1 & 0 \\ -a_{31} & -a_{23} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_{1K} \\ f_{2K} \\ f_{3K} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{10K} \\ 0 \\ q_{30K} \end{bmatrix}$



(16)

A

Egzamin poprawkowy "Technologia chemiczna – podstawy" 2003/2004

Imię i nazwisko..... nr albumu.....

Część druga - wersja A

4. W procesie konwersji metanu parą wodną zachodzą reakcje:

$$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2 \quad (1)$$

$$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2 \quad (2)$$

Rozpisać wyrażenia na stałe równowagi K_p obu reakcji w postaci umożliwiającej obliczanie składu równowagowego w zadanej temperaturze T , pod ciśnieniem P . Reagenty wprowadzane są do reaktora w stosunku molowym $\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}$ równym $1/3$.

5. Aktem zapoczątkowującym reakcję termicznego rozkładu metanu jest rozpad jego cząsteczki w schemacie reakcji elementarnych

$$\text{CH}_4 + \text{Ar} \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} \overset{*}{\text{CH}}_3 + \text{Ar} \quad (1)$$

$$\overset{*}{\text{CH}}_3 \xrightarrow{k_2} \text{CH}_2 + \text{H} \quad (2)$$

Napisać

- co, w powyższym zapisie reakcji, oznacza gwiazdka nad symbolem metanu?
- wyrażenia na szybkości reakcji elementarnych (1) i (2).
- pełny układ równań oddających szybkości zmiany stężenia wszystkich składników układu reagującego.

6. Założyć, że produkt pośredni tj. CH_3^* w schemacie reakcji podanym w zadaniu 5, osiąga swoje stężenie stacjonarne; wyprowadzić równanie kinetyczne oddające szybkość zmiany stężenia metanu w przybliżeniu stanu stacjonarnego (równanie makrokinetyczne).

5)

$$r_1 = k_1 [\text{CH}_4] [\text{Ar}] - k_{-1} [\overset{*}{\text{CH}}_3] [\text{Ar}]$$

$$r_2 = k_2 [\overset{*}{\text{CH}}_3]$$

a) $\frac{d[\overset{*}{\text{CH}}_3]}{dt} = r_1$

$$\frac{d[\text{Ar}]}{dt} = r_1 - r_2$$

$$\frac{d[\text{CH}_4]}{dt} = r_2$$

b) $\frac{d[\overset{*}{\text{CH}}_3]}{dt} = r_1 - r_2$

$$r_1 \approx r_2$$

$$[\overset{*}{\text{CH}}_3] = \frac{k_1 [\text{CH}_4] [\text{Ar}]}{k_{-1} [\text{Ar}] + k_2 [\text{CH}_4]}$$



Sum

(12)

EGZAMIN „Technologia chemiczna-podstawy” 1997/98

1. Omówić zasadę stanów odpowiadających sobie na przykładzie zależności $z=f(T_r, P_r)$ gdzie z -izw. współczynnik ściśliwości, indeks „r” oznacza wielkości zredukowane: temperatury i ciśnienia. *ok. 42%*

2. Podać interpretację kryterium „znaku entalpii swobodnej” reakcji, w ocenie możliwości jej praktycznego wykorzystania. *ok. 54%*

3. Podać określenie stopnia przereagowania. Posłużyć się tą wielkością w celu rozpisania wyrażenia na szybkość wstecznej reakcji pierwszego rzędu. *ok. 54%*

$A \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} P$ $v = -\frac{dc_A}{dt} = \frac{dc_P}{dt} = k_1 c_A - k_{-1} c_P$

4. Przyjmuje się, że reakcja: $A+B=P$, zachodzi w stadiach elementarnych: $C_{50} = C_5(1-\alpha)$

$A+B=C$	stała szybkości k_1
$C=A+B$	stała szybkości k_2
$C=P$	stała szybkości k_3

Zastosować przybliżenie stanu stacjonarnego do produktu pośredniego C; podać wyrażenie na szybkość tworzenia produktu P, w tym przybliżeniu. *20% 223'00*

5. Porównać objętości reaktorów o pracy ciągłej: a) z doskonałym mieszaniem i b) z przepływem tłokowym, potrzebne do uzyskania zadanego stopnia przereagowania w określonej reakcji. Stężenia początkowe i strumień objętości są takie same w obu reaktorach.

$A + B \xrightarrow{k_1} C \xrightarrow{k_2} P$

$r_1 = k_1 \cdot C_A \cdot C_B - k_2 \cdot C_C$

$r_2 = k_3 \cdot C_C$

$\frac{dC_A}{dt} = -r_1$

$\frac{dC_B}{dt} = -r_1$

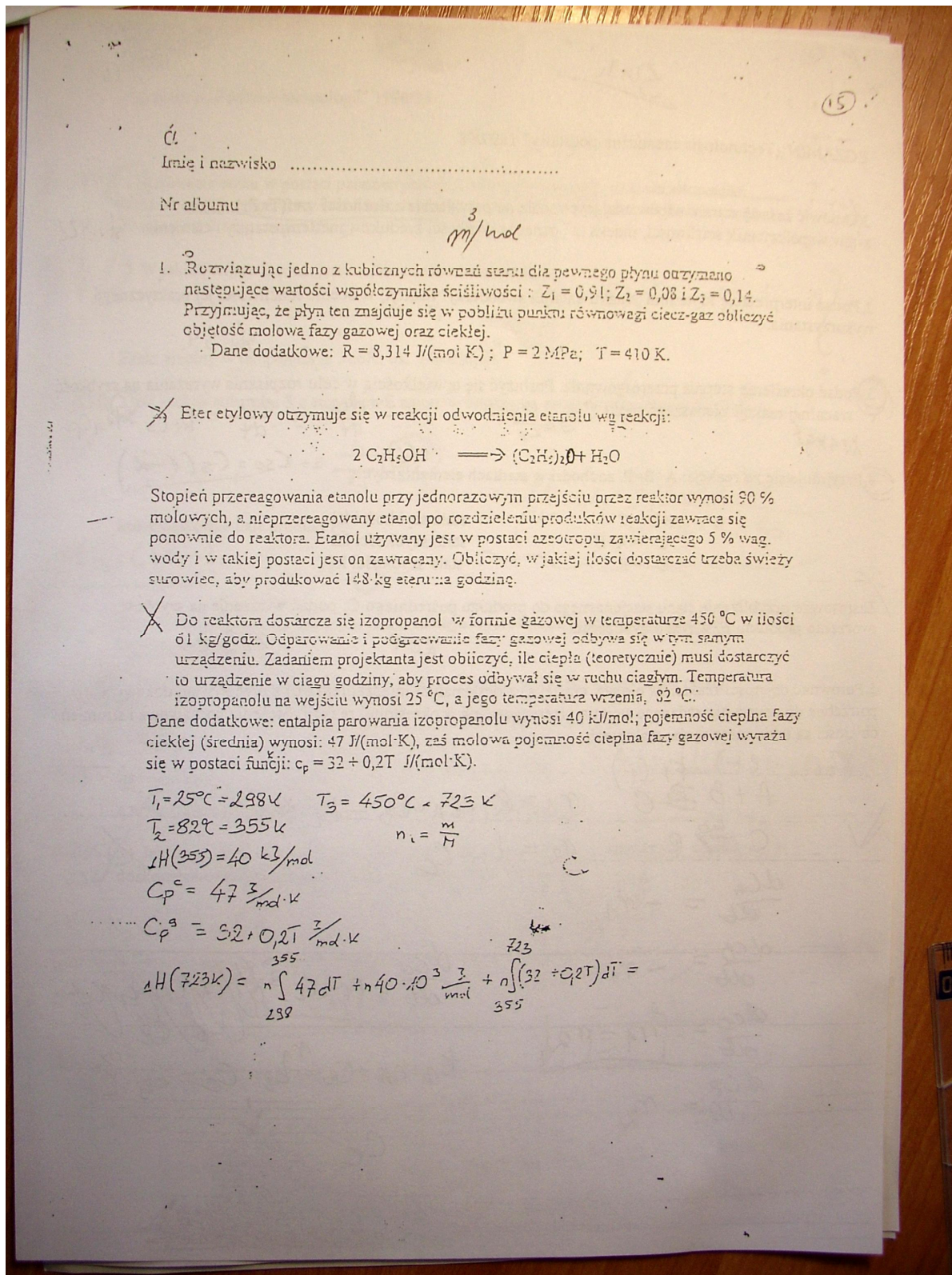
$\frac{dC_C}{dt} = [r_1 - r_2]$

$\frac{dC_P}{dt} = r_2$

$\frac{dC_C}{dt} = r_1 - r_2 = k_1 C_A C_B - k_2 C_C - k_3 C_C$

$k_1 C_A C_B - k_2 C_C = k_3 C_C$

C_C





Egzamin z „Podstaw technologii” 1998/99

144 (1) Równanie stanu w postaci parametrycznej przedstawia zależność tzw. współczynnika ściśłości od temperatury i ciśnienia. Jakie są parametry tego typu równań. Podać przykład równania z 2 i 3 parametrami.

172 (2) W jakich temperaturach jest możliwe zachodzenie reakcji:
 $CH_4 + CO_2 = 2CO + 2H_2$
 Efekt cieplny w temperaturze 300K: ok. 240 kJ/mol.

208 (3) W reakcji substratu S z enzymem/E najpierw tworzy się związek przejściowy SE: ✓
 który następnie daje produkt P:
 $S + E \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} SE \xrightarrow{k_2} P + E$
 $C_{SE} = C_k^0$

Stosując do SE przybliżenie stanu stacjonarnego wyprowadzić wyrażenie na szybkość tworzenia P.

Podać określenie stopnia przereagowania α . Napisz wyrażenie na szybkość reakcji:
 $r = k_1 C_S - k_{-1} C_P$
 $r = k_1 C_S (1 - \alpha) - k_{-1} C_P$
 $\alpha = \frac{C_S - C_S^0}{C_S^0}$
 $r = k_1 C_S (1 - \alpha) - k_{-1} C_P$

235 (3) Jaki jest związek pomiędzy stopniem przereagowania α i umownym czasem τ w doskonałym reaktorze przepływowym, przelewowym i łokowym.

$r = k_p C_S - k_{-1} C_P$
 $\alpha = \frac{C_S - C_S^0}{C_S^0}$
 $C_S = C_S^0 (1 - \alpha)$
 $C_P = C_S^0 \alpha$
 $r = k_p C_S^0 (1 - \alpha) - k_{-1} C_S^0 \alpha$
 $r = C_S^0 (k_p (1 - \alpha) - k_{-1} \alpha)$
 $r = C_S^0 (k_p - \alpha (k_p + k_{-1}))$
 $\alpha = \frac{k_p - r / C_S^0}{k_p + k_{-1}}$