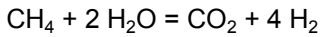
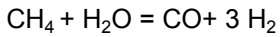


MB - R - Příklad 8

Syntézny plyn sa pripravuje v peci reakciou metánu s vodnou parou. Do pece vstupuje vodná para a zemný plyn o teplote 25 °C a tlaku 101,3 kPa, obsahujúci metán, dusík a vodík.

V plynnej fáze prebiehajú reakcie:



Odchádzajúci plyn z pece obsahuje v obj. %: 5,16 % CH₄, 5,81 % CO₂, 39,32 % H₂, 5,03 CO 44,09 % H₂O a 0,59 % N₂. Vyrobí sa 500 kmol/h syntézneho plynu.

Vypočítajte:

- Objemový prietok zemného plynu.
- Stupne premeny metánu a vodnej pary v jednotlivých reakciách a ich celkový stupeň premeny.
- Zloženie vstupujúceho zemného plynu.

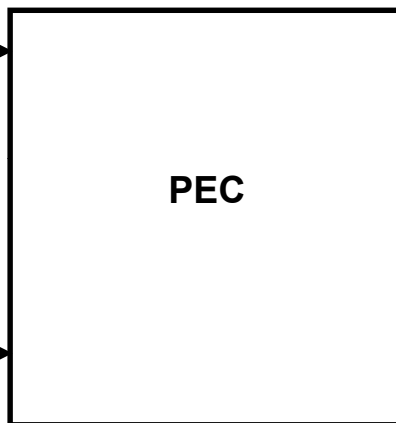
Bilančná schéma:

1 - zemný plyn

$n_1 = ?$ kmol/h
 $x_{1A} = ?$
 $x_{1B} = ?$
 $x_{1C} = ?$

2 - vodná para

$n_2 = ?$ kmol/h
 $x_{2D} = 1$

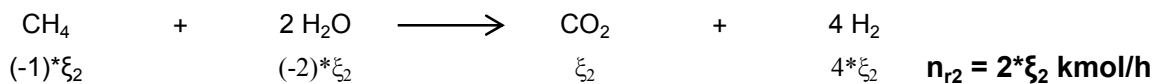
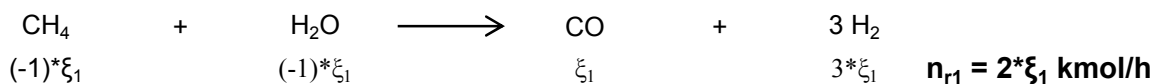


3 - syntézny plyn
 $n_3 = 500$ kmol/h
 $x_{3A} = 0.0516$
 $x_{3B} = 0.0059$
 $x_{3C} = 0.3932$
 $x_{3D} = 0.4409$
 $x_{3E} = 0.0503$
 $x_{3F} = 0.0581$

$$n_r = 2 \cdot \xi_1 + 2 \cdot \xi_2$$

r - reakčný prúd

Zložky: A - CH₄
 B - N₂
 C - H₂
 D - H₂O
 E - CO
 F - CO₂



Materiálová bilancia:

Prúdy Zložky	1	2	r_1	r_2	3	Zloženie vystupujúceho prúdu:
A: CH ₄	$n_1 \cdot x_{1A}$?		$(-1) \cdot \xi_1$?	$(-1) \cdot \xi_2$?	$n_3 \cdot x_{3A}$ 25.8	$x_{3A} = 0.0516$
B: N ₂	$n_1 \cdot x_{1B}$ 2.95				$n_3 \cdot x_{3B}$ 2.95	$x_{3B} = 0.0059$
C: H ₂	$n_1 \cdot x_{1C}$?		$3 \cdot \xi_1$?	$4 \cdot \xi_2$?	$n_3 \cdot x_{3C}$ 196.6	$x_{3C} = 0.3932$
D: H ₂ O		$n_2 \cdot x_{2C}$?	$(-1) \cdot \xi_1$?	$(-2) \cdot \xi_2$?	$n_3 \cdot x_{3D}$ 220.45	$x_{3D} = 0.4409$
E: CO			$1 \cdot \xi_1$?		$n_3 \cdot x_{3E}$ 25.15	$x_{3E} = 0.0503$
F: CO ₂				$1 \cdot \xi_2$?	$n_3 \cdot x_{3F}$ 29.05	$x_{3F} = 0.0581$
Σ	n_1 ?	n_2 ?	$n_{r1} = 2 \cdot \xi_1$?	$n_{r2} = 2 \cdot \xi_2$?	n_3 500	

Výpočet rýchlosti reakcie ξ_1 z bilancie CO:

$$E: 1 \cdot \xi_1 = n_3 \cdot x_{3E} \Rightarrow \xi_1 = 25.15 \text{ kmol/h}$$

Výpočet rýchlosti reakcie ξ_2 z bilancie CO₂:

$$F: 1 \cdot \xi_2 = n_3 \cdot x_{3F} \Rightarrow \xi_2 = 29.05 \text{ kmol/h}$$

Výpočet reakčného prúdu:

$$n_r = n_{r1} + n_{r2} = 2 \cdot \xi_1 + 2 \cdot \xi_2 = 108.4 \text{ kmol/h}$$

Výpočet toku látkového množstva vodnej pary z bilancie H₂O:

$$D: n_2 \cdot x_{2D} - \xi_1 - 2 \cdot \xi_2 = n_3 \cdot x_{3D} \Rightarrow n_{2D} = n_2 = 303.7 \text{ kmol/h}$$

Výpočet toku látkového množstva zemného plynu z celkovej materiálovej bilancie:

$$n_1 + n_2 + n_r = n_3 \Rightarrow n_1 = 87.9 \text{ kmol/h}$$

Spätným dosadením vypočítaných údajov do materiálovej bilancie, dostaneme zloženie vstupujúceho zemného plynu.

Materiálová bilancia:

Prúdy Zložky	1	2	r ₁	r ₂	3	Zloženie zemného plynu:
A: CH ₄	n ₁ *x _{1A} 80		(-1)*ξ ₁ -25.15	(-1)*ξ ₂ -29.05	n ₃ *x _{3A} 25.8	x _{1A} = 0.91013
B: N ₂	n ₁ *x _{1B} 2.95				n ₃ *x _{3B} 2.95	x _{1B} = 0.03356
C: H ₂	n ₁ *x _{1C} 4.95		3*ξ ₁ 75.45	4*ξ ₂ 116.2	n ₃ *x _{3C} 196.6	x _{1C} = 0.05631
D: H ₂ O		n ₂ *x _{2C} 303.7	(-1)*ξ ₁ -25.15	(-2)*ξ ₂ -58.1	n ₃ *x _{3D} 220.45	
E: CO			1*ξ ₁ 25.15		n ₃ *x _{3E} 25.15	
F: CO ₂				1*ξ ₂ 29.05	n ₃ *x _{3F} 29.05	
Σ	n₁ 87.9	n₂ 303.7	n_{r1}=2*ξ₁ 50.3	n_{r2}=2*ξ₂ 58.1	n₃ 500	

Objemový prietok zemného plynu:

$$V_1 = \frac{n_1 \cdot R \cdot T_1}{P_1} = 2150.39 \text{ m}^3/\text{h}$$

n ₁ =	87.9 kmol/h
R =	8.314 kJ/kmol/K
t ₁ =	25 °C
T ₁ =	298.15 K
P ₁ =	101.325 kPa

Stupeň premeny metánu a vodnej pary v jednotlivých reakciách:

Vypočítame z prepočtových vzťahov medzi rýchlosťou reakcie a stupňom premeny reaktanta v príslušnej reakcii, alebo z definičného vzťahu na výpočet stupňa premeny reaktanta pre danú reakciu.

Prepočtový vzťah:

$$\xi_1 = \frac{-\alpha_A^{(1)} \cdot n_{1A}}{\nu_A^{(1)}} \Rightarrow \alpha_A^{(1)} = \frac{-\xi_1 \cdot \nu_A^{(1)}}{n_{1A}} =$$

0.31438

$$\xi_2 = \frac{-\alpha_A^{(2)} \cdot n_{1A}}{\nu_A^{(2)}} \Rightarrow \alpha_A^{(2)} = \frac{-\xi_2 \cdot \nu_A^{(2)}}{n_{1A}} =$$

0.36313

Celkový stupeň premeny reaktanta:

$$\alpha_A = 0.6775$$

$$\xi_1 = \frac{-\alpha_D^{(1)} \cdot n_{2D}}{\nu_D^{(1)}} \Rightarrow \alpha_D^{(1)} = \frac{-\xi_1 \cdot \nu_D^{(1)}}{n_{2D}} =$$

0.08281

$$\xi_2 = \frac{-\alpha_D^{(2)} \cdot n_{2D}}{\nu_D^{(2)}} \Rightarrow \alpha_D^{(2)} = \frac{-\xi_2 \cdot \nu_D^{(2)}}{n_{2D}} =$$

0.19131

$\alpha_D =$ **0.27412**

Definičný vzťah:

$$\alpha_i = \frac{|n_{i,reakcia}|}{n_{i,vstup}}$$

Zdrojový člen zložky A v prvej reakcii.

$$\alpha_A^{(1)} = \frac{|n_{1A,reakcia}^{(1)}|}{n_{1A}} = \mathbf{0.31438}$$

$$\alpha_A^{(2)} = \frac{|n_{1A,reakcia}^{(2)}|}{n_{1A}} = \mathbf{0.36313}$$

$$\alpha_D^{(1)} = \frac{|n_{2D,reakcia}^{(1)}|}{n_{2D}} = \mathbf{0.08281}$$

$$\alpha_D^{(2)} = \frac{|n_{2D,reakcia}^{(2)}|}{n_{2D}} = \mathbf{0.19131}$$