

U31 - CHIMIE-PHYSIQUE INDUSTRIELLES

L'AMMONIAC : FABRICATION ET ACHEMINEMENT

Proposition de CORRECTION : CHIMIE INDUSTRIELLE

Synthèse de l'ammoniac

Q1. $\Delta_r H^\circ = 2 \times \Delta_f H^\circ(\text{NH}_3) - \Delta_f H^\circ(\text{N}_2) - 3 \times \Delta_f H^\circ(\text{H}_2) = -91,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$.	
Q2. $\Delta_r H^\circ < 0$, on en déduit que la réaction est exothermique.	
Q3. $K = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{\frac{P_{\text{N}_2}}{P^\circ} \times (P_{\text{H}_2})^3}$; ne pas enlever de point en l'absence de P° .	
Q4. Plus la valeur de K est grande, plus la réaction de formation de l'ammoniac est favorisée, donc plus le rendement en ammoniac est élevé. D'après le tableau, il faut donc travailler à basse température si l'on veut un bon rendement.	
Q5. Travailler à basse température provoque une diminution de la vitesse de la réaction.	
Q6. On remédie au problème en utilisant un catalyseur à base de fer.	
Q7. D'après la loi de Le Chatelier, une augmentation de pression provoque une diminution du nombre de mole de gaz donc un déplacement d'équilibre dans le sens direct. Le rendement de la synthèse est ainsi amélioré.	
Q8. $V_{\text{NH}_3} = q_v \times \Delta t = 37,5 \times 24 = 900 \text{ mL}$. $V_{\text{pièce de stockage}} = L \times l \times H = 4 \times 3 \times 2,5 = 30 \text{ m}^3$. Le taux d'ammoniac dans la pièce au bout de 24h vaut donc $900 / 30 = 30 \text{ ppm}$. L'intervenant ne court pas de risque si cette réparation est ponctuelle. Il courrait un risque s'il était exposé tous les jours à cette quantité d'ammoniac.	

Obtention du dihydrogène nécessaire pour fabriquer l'ammoniac

Q9. Une mol de méthane fournit 3 mol de dihydrogène. Le volume molaire des gaz étant le même quel que soit le gaz, 1 L de méthane fournit donc 3 L de dihydrogène. L'énergie nécessaire pour produire 3 L de dihydrogène vaut donc 8,58 kJ ; l'énergie nécessaire pour produire 1 m ³ de dihydrogène vaut donc : $Q_h = 8,58 \times 1\,000 / 3 = 2\,860 \text{ kJ}$ soit 2,86 MJ.	
Q10. Équation de combustion du méthane : $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$.	
Q11. La quantité de matière de méthane consacré à la combustion, nécessaire pour fabriquer 1 m ³ de dihydrogène par vaporeformage vaut : $n(\text{CH}_4) = - Q_h / \Delta_c H(\text{CH}_4) = (2,86 \times 10^3) / 890 = 3,21 \text{ mol}$.	
Q12. Lorsque l'on forme 1 m ³ de dihydrogène, on produit en même temps 1/3 m ³ de monoxyde carbone, soit $n(\text{CO}) = V(\text{CO}) / 0,0244 = 13,7 \text{ mol}$. D'où $m(\text{CO}) = n(\text{CO}) \times M(\text{CO}) = 13,66 \times 28,0 = 382 \text{ g}$.	

Proposition de correction : PHYSIQUE INDUSTRIELLE
--

Refroidissement du mélange gazeux (H₂, N₂, NH₃) à la sortie du réacteur

Q13. $q_{n(\text{gaz})} = 1,11 \times 10^7 / 3\,600 = 3,08 \times 10^3 \text{ mol.s}^{-1}$.	
Q14. La circulation des fluides dans l'échangeur se fait à contre-courant.	
Q15.	
<p style="text-align: center;"> $T \text{ } ^\circ\text{C}$ Gaz (N₂, H₂, NH₃) à 500 °C Eau vapeur à 250 °C et 40 bar Eau liquide à 250 °C et 40 bar Gaz (N₂, H₂, NH₃) à 400 °C </p>	
Q16. $\Phi_G = q_{n(\text{gaz})} \times C_p \times \Delta\theta = 3\,083 \times 29,5 \times 100 = 9,10 \times 10^3 \text{ kW}$.	
Q17. $\Phi_m = L_v \times q_{m(\text{vap})}$.	
Q18. Si l'on admet que l'échangeur est parfaitement calorifugé, alors $\Phi_G = \Phi_m$ soit $L_v \times q_{m(\text{vap})} = 9,10 \times 10^3 \text{ kW}$ d'où $q_{m(\text{vap})} = 9,10 \times 10^3 / 1715 = 5,31 \text{ kg.s}^{-1}$.	

Acheminement de l'ammoniac liquide pour transformation en nitrate d'ammonium

Q19. A 293 K et pour une pression de 10 bar, d'après le graphe fourni en annexe, on constate que l'ammoniac est à l'état liquide.	
Q20. $q_{v(\text{NH}_3)} = (10,0 \times 10^3) / (600 \times 3\,600) = 4,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.	
Q21. $v_{(\text{NH}_3)} = q_{v(\text{NH}_3)} / S$. S est la section de la canalisation soit $S = \pi D^2 / 4 = \pi \times (25 \times 10^{-3})^2 / 4 = 4,91 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ d'où $v_{(\text{NH}_3)} = 4,63 \cdot 10^{-3} / 4,91 \cdot 10^{-4} = 9,43 \text{ m.s}^{-1}$.	
Q22. $\Delta h_c = (L + L_{eq}) \times J = (12 + 8) \times 0,05 = 1 \text{ mètre de colonne de liquide}$.	
Q23. Relation de Bernoulli : $P_A / \rho g + v_A^2 / 2g + z_A + H_{mt} = P_B / \rho g + v_B^2 / 2g + z_B + \Delta h_c$ $P_A = P_B = 10 \text{ bar}$; $v_A = v_B$ car le diamètre des canalisations est constant ; $z_B - z_A = 3,5 \text{ m}$. Il reste $H_{mt} = 3,5 + \Delta h_c = 4,5 \text{ m}$.	
Q24. $P_u = \rho \times g \times H_{mt} \times q_{v(\text{NH}_3)} = 600 \times 9,8 \times 4,5 \times 4,63 \times 10^{-3} = 123 \text{ W}$. *	
Q25. $P_{abs} = P_u / \text{rendement} = 123 / 0,55 = 224 \text{ W}$. *	

*On comptera les points aux candidats qui se seraient trompés à la question précédente dont le raisonnement est bon à ces questions.