

DS2C - Chimie (2 heures)

Éléments de correction

I Cours

1. Voir cours et TEST.
2. Voir cours et TEST.
3. Voir cours et TEST.
4. Voir cours et TEST.
5. Voir cours et TEST.

II Dissociation du calcaire

6. À l'instant initial on a de l'air « exempt de dioxyde de carbone », donc la pression partielle en CO_2 est nulle. Ainsi le quotient réactionnel : $Q_r = P_{\text{CO}_2} = 0$ (les autres espèces chimiques sont à l'état solide, leur activité vaut 1. Comme $Q_r = 0 < K$ alors la réaction évolue dans le sens direct).
7. Si n_0 est très faible, la transformation ne peut pas atteindre une pression suffisante en CO_2 et on atteint alors pas $Q_r = K$, ce qui se traduit par une réaction totale. Tout le calcaire se transforme sans qu'on puisse atteindre la pression partielle en CO_2 permettant d'avoir $Q_r = K$.
8. Si n_0 est très élevé, alors la réaction s'arrête lorsque $Q_r = K$ et qu'on atteint la pression partielle en CO_2 suffisante. Il reste du calcaire. La réaction n'est alors pas totale et on atteint un équilibre.
9. Pour atteindre l'équilibre, il faut $Q_r = K$. Soit $P_{\text{CO}_2} = \frac{nRT}{V} = K$, il vient $n = \frac{VK}{RT} \approx 0,042$ mol. Donc la quantité de matière minimale à introduire pour atteindre l'équilibre est $n_{\min} = 42$ mmol. Comme $n_0 = 10$ mmol est inférieur à n_{\min} alors l'équilibre n'est pas atteint.
10. L'équilibre n'est pas atteint et tout le calcaire (insuffisant) est transformé, la réaction est donc totale. À l'état final, on a formé n_0 en CO_2 et sa pression vaut : $P_{\text{CO}_2} = n_0RT/V = 8310$ Pa = 0,083 bar. La pression partielle de l'air est inchangée, la pression totale dans le réacteur est $P = P_{\text{air}} + P_{\text{CO}_2} = 1,083$ bar. On est sous la norme de 1,5 bar, donc la norme de sécurité est respectée.
11. Pour toute quantité n_0 de calcaire apportée telle que $n_0 \leq n_{\min}$, la situation sera celle de la question précédente, c'est-à-dire que la réaction sera totale. En fin de réaction, la pression dans l'enceinte suivra donc la loi affine : $P(n_0) = P_{\text{air}} + P_{\text{CO}_2} = P_{\text{air}} + \frac{n_0RT}{V}$.
En revanche, si on apporte une quantité $n_0 > n_{\min}$, alors on atteindra l'équilibre chimique pour un avancement n , et le surplus de calcaire ne se transformera pas, quelle qu'en soit la quantité. Dans ce cas, on aura : $P(n_0) = P_{\text{air}} + P_{\text{CO}_2,eq} = P_{\text{air}} + K = 1,36$ bar. Valeur maximale et constante quel que soit n_0 . D'où l'allure de la courbe, en affine d'abord (avec ordonnée à l'origine à 1 bar puis le plateau maximal).
12. Tout d'abord, on constate sur le graphe précédent que la pression ne risque jamais d'excéder la pression maximale de sécurité de 1,5 bar que peut supporter le réacteur. Comme on l'a montré précédemment, la quantité maximale de calcaire qui peut se transformer en chaux et en CO_2 est $n = 42$ mmol. Ceci s'obtient pour $n_0 \geq 42$ mmol. On a également montré que pour $n_0 \leq 42$ mmol, la réaction est totale et présente donc un rendement de 100 % ce qui n'est plus le cas au delà et on aura un excès inutile de calcaire. En conclusion, pour avoir la plus grande quantité de chaux produite et un rendement de 100 %, il faut choisir : $n = 42$ mmol.

III Décomposition de la phosphine

d'après Banque PT 2024

13. La réaction est exothermique, elle libère donc de l'énergie sous forme de chaleur lorsqu'elle se produit. Il faut donc refroidir le réacteur afin de maintenir la température constante.
14. Attention n_{tot} ne prends en compte que les gaz (pour $PV = nRT$).

PH ₃	P ₄	H ₂	n_{tot}
n_0	0	0	n_0
$n_0 - 4\xi$	ξ	6ξ	$n_0 + 2\xi$

15. On a : $P = nRT/V$, soit d'après le tableau d'avancement pour PH₃ : $P_{PH_3} = (n_0 - 4\xi)RT/V$. De plus $P_0 = n_0RT/V$. Et encore $P = n_{tot}RT/V = (n_{PH_3} + n_{H_2})RT/V = (n_0 + 2\xi)RT/V$. Or $(n_0 - 4\xi) = 3n_0 - 2(n_0 + 2\xi)$ soit alors :

$$P_{PH_3} = 3P_0 - 2P$$

16. On a : $C = n/V = P/RT$, il vient directement $C_{PH_3} = (3P_0 - 2P)/RT$

17. Le tracé de $\ln C = f(t)$ est une droite, donc la cinétique suit un ordre 1 (voir cours). Avec $v = -1/4 \frac{dC}{dt} = kC$. On obtient : $\ln C_{PH_3} = -4kt + \ln C_0$

18. La pente est de $-5,05 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ et vaut $4k$, soit $k = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

19. Si on décompose 90 %, il en reste 10 %, ainsi $C_{PH_3=0,10C_0}$, il vient :

$$\ln \frac{C_{PH_3}}{C_0} = \ln 10 = -4k\tau$$

Soit : $\tau = \ln 10/4k$

20. $\tau = \ln 10/4k = 2,3/5,05 \cdot 10^{-4}$. Donc $4,6 \cdot 10^3 \text{ s}$

Bon courage et bon travail ! ☺