Devoir surveillé – les transformations de la matière : changements d'état, réactions chimiques, synthèse et réactions nucléaires — niveau ★★

Durée : 55 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Physique-chimie 2nde

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

Exercice 1 – La cartouche qui givre *(5 pts)*

Un réchaud de camping brûle le butane C_4H_{10} d'une cartouche, où il est stocké liquide sous pression : dans la cartouche, il devient gazeux avant de partir vers le brûleur. Après 12 min de fonctionnement, la cartouche est très froide et se couvre de givre ; elle a perdu 54 g de butane. Données : Lvap(butane, vers 0 °C) $= 3{,}9 \times 10^{5}$ J·kg^{-1} ; la combustion du butane libère $4{,}6 \times 10^{7}$ J par kilogramme brûlé ; Lvap(eau) $= 2{,}26 \times 10^{6}$ J·kg^{-1}.

a) Nomme et écris le changement d'état du butane dans la cartouche. Explique pourquoi la cartouche se refroidit.

b) D'où vient le givre ? Nomme ce changement d'état, écris-le et dis s'il est endothermique ou exothermique.

c) Calcule l'énergie reçue par les 54 g de butane qui se sont vaporisés, puis la puissance moyenne prélevée à la cartouche et à son entourage.

d) Calcule l'énergie libérée par la combustion de ces 54 g de butane. Combien de fois est-elle plus grande que celle de la question 3 ? Relie ce résultat aux ordres de grandeur des transformations physiques et chimiques.

e) Sur le réchaud, une casserole d'eau bout. On admet que 30 % de l'énergie libérée par la combustion des 54 g est reçue par l'eau bouillante. Calcule la masse d'eau vaporisée.

Exercice 2 – Recycler le dioxyde de carbone dans l'espace *(5 pts)*

À bord de la Station spatiale internationale, un réacteur fait réagir le dioxyde de carbone expiré par l'équipage avec du dihydrogène produit par électrolyse de l'eau. Il se forme du méthane, rejeté dans l'espace, et de l'eau, qui sort du réacteur à l'état de vapeur puis est réutilisée. L'équation, non ajustée, s'écrit $CO_2(g) + H_2(g) \rightarrow CH_4(g) + H_2O(g)$. Un jour donné, le réacteur dispose de 3,00 kg de dioxyde de carbone et de 0,500 kg de dihydrogène ; on suppose la transformation totale. Données : masse d'une molécule : CO_2 $7{,}31 \times 10^{-23}$ g ; H_2 $3{,}35 \times 10^{-24}$ g ; H_2O $2{,}99 \times 10^{-23}$ g ; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ; la réaction libère 165 kJ par mole de méthane formé.

a) Ajuste l'équation et vérifie la conservation de chaque élément.

b) Calcule les quantités de matière de dioxyde de carbone et de dihydrogène disponibles.

c) Détermine le réactif limitant et la quantité de dioxyde de carbone qui n'est pas transformée.

d) Calcule la masse d'eau formée ce jour-là.

e) Calcule l'énergie libérée par la réaction pendant cette journée et dis si la transformation est exothermique ou endothermique. L'eau formée est ensuite refroidie jusqu'à devenir liquide : nomme et écris ce changement d'état, et donne le sens du transfert thermique.

Exercice 3 – La coumarine, odeur de foin coupé *(5 pts)*

La coumarine $C_9H_6O_2$ donne son odeur de foin fraîchement coupé à la fève tonka, à l'aspérule odorante et au mélilot. William Perkin l'a synthétisée pour la première fois en 1868. Au laboratoire : $C_7H_6O_2 + C_4H_6O_3 \rightarrow C_9H_6O_2 + C_2H_4O_2 + H_2O$ (salicylaldéhyde + anhydride acétique → coumarine + acide acétique + eau). Protocole : ① sous la hotte, introduire dans un ballon 5,0 mL de salicylaldéhyde, 12,0 mL d'anhydride acétique, un peu d'acétate de sodium et de la pierre ponce ; ② chauffer à reflux pendant 1 h ; ③ verser le mélange refroidi dans de l'eau glacée : des cristaux apparaissent ; ④ filtrer, laver à l'eau froide, sécher ; ⑤ peser, puis mesurer la température de fusion au banc Kofler. On recueille 2,1 g de cristaux secs, qui fondent progressivement entre 62 °C et 67 °C ; après purification, le solide fond nettement à 70 °C. Données : la coumarine fond entre 69 °C et 71 °C selon les tables ; masses volumiques : salicylaldéhyde 1,15 $g \cdot mL^{-1}$, anhydride acétique 1,08 $g \cdot mL^{-1}$; masse d'une molécule : salicylaldéhyde $2{,}03 \times 10^{-22}$ g, anhydride acétique $1{,}70 \times 10^{-22}$ g, coumarine $2{,}43 \times 10^{-22}$ g ; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}.

a) Pour établir que la coumarine de Perkin est identique à celle de la fève tonka, on fait une CCM : quels dépôts faire, et que faut-il observer pour conclure ?

b) À quelle étape appartiennent ③ et ④ ? Que montrent les cristaux apparus dans l'eau glacée, et pourquoi les laver à l'eau froide plutôt que chaude ?

c) Calcule la quantité de matière de chaque réactif introduit.

d) Détermine le réactif limitant et la masse maximale de coumarine. Pourquoi la masse recueillie est-elle plus petite ?

e) Que montrent les deux mesures faites au banc Kofler ?

Exercice 4 – Contrôler une soudure à l'iridium 192 *(5 pts)*

Pour contrôler les soudures d'un gazoduc, on place d'un côté du tube une source d'iridium 192, qui émet des photons γ, et de l'autre un film : un défaut dans la soudure laisse passer davantage de rayonnement. L'iridium 192 est fabriqué en exposant de l'iridium naturel, formé d'iridium 191 et d'iridium 193, aux neutrons d'un réacteur ; il se transforme ensuite spontanément, dans 95 % des cas, en platine 192 en émettant une particule X. Données : numéros atomiques Ir 77 ; Pt 78 ; l'un des photons γ émis a une énergie de 0,47 MeV ; 1 MeV = $1{,}60 \times 10^{-13}$ J ; une réaction chimique met en jeu quelques eV par entité.

a) Donne le nombre de neutrons des noyaux d'iridium 191, 192 et 193 ; justifie qu'ils sont isotopes. Leurs atomes ont-ils les mêmes propriétés chimiques ? Qu'est-ce qui les distingue ?

b) Écris l'équation de la fabrication de l'iridium 192 à partir de l'iridium 191 et vérifie les deux lois de conservation. Cette réaction est-elle spontanée ou provoquée ? Est-ce une fission ?

c) Écris l'équation de la transformation de l'iridium 192 en platine 192 et identifie X. Pourquoi l'élément change-t-il, à nombre de nucléons égal ?

d) Calcule en joules l'énergie d'un photon de 0,47 MeV. Compare-la à l'énergie mise en jeu par une réaction chimique, puis explique comment le technicien se protège de ce rayonnement.

e) Pendant la soudure, le métal du cordon fond puis se solidifie, et sa surface brûlante réagit avec le dioxygène de l'air en se couvrant d'une fine couche d'oxyde de fer. Donne la nature de ces transformations et de celle de la source, puis précise le sens du transfert thermique quand le métal se solidifie.

Bon courage !

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).