Four à céramique

Bac 2023 Centres étrangers 1 Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

1 Calculer la variation d'énergie interne ΔU du système {four} lorsque sa température passe de θ_i à θ_f.

Données utiles $m_f = 120$ kg ; $c_f = 800\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; $\theta_i = 20\ ^\circ\text{C}$; $\theta_f = 1000\ ^\circ\text{C}$

Le four est un système incompressible :

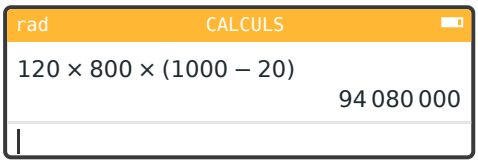
$$\Delta U = m_f \times c_f \times (\theta_f - \theta_i)$$

$$\Delta U = 120 \times 800 \times (1000 - 20)$$

$$\boxed{\Delta U = 9{,}41 \times 10^7\ \text{J}}$$

COMPRENDRE
Un écart de température a la même valeur en °C et en K : inutile de convertir. Résultat à trois chiffres significatifs, comme m_f et c_f.

À LA CALCULATRICE



2 Appliquer le premier principe de la thermodynamique au système {four} et en déduire la quantité d'énergie Q reçue par transfert thermique.

Données utiles $\Delta U = 9{,}41 \times 10^7$ J (Q1)

Pour le système {four}, au repos macroscopique, le premier principe s'écrit : $\Delta U = W + Q$.

Le four ne reçoit aucun travail ($W = 0$) : il n'échange de l'énergie que par transfert thermique. Donc $Q = \Delta U$.

$$\boxed{Q = 9{,}41 \times 10^7\ \text{J}}$$

PIÈGE
Donner la valeur sans écrire le premier principe ni justifier $W = 0$: la question demande explicitement de l'appliquer.

COMPRENDRE
$Q > 0$: le four reçoit de l'énergie, ce qui est cohérent avec l'élévation de sa température.

3 Montrer que la quantité d'énergie thermique Q_A que doit fournir la combustion du gaz vaut $Q_A = 1{,}4 \times 10^8$ J.

Données utiles 33 % de Q_A est perdue ; $Q = 9{,}41 \times 10^7$ J (Q2)

Le four ne reçoit que la part non perdue de Q_A, soit $100 - 33 = 67\ \%$:

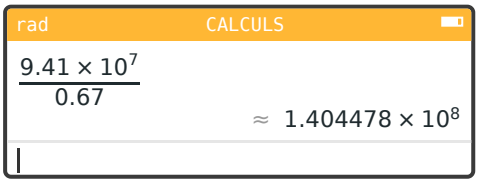
$$Q = 0{,}67 \times Q_A \quad \text{donc} \quad Q_A = \frac{Q}{0{,}67}$$

$$Q_A = \frac{9{,}41 \times 10^7}{0{,}67}$$

$$\boxed{Q_A = 1{,}4 \times 10^8\ \text{J, valeur attendue.}}$$

PIÈGE
Calculer $Q \times 1{,}33$: les 33 % portent sur Q_A, pas sur Q. On trouverait $1{,}25 \times 10^8$ J, qui s'arrondit à $1{,}3 \times 10^8$ J et non à la valeur demandée.

À LA CALCULATRICE



4 En déduire la masse m_g de gaz nécessaire pour atteindre la température θ_f.

Données utiles $Q_A = 1{,}4 \times 10^8$ J (Q3) ; $M = 44{,}1$ g · mol^{-1} ; $E_n = 2004$ kJ · mol^{-1}

La combustion d'une quantité de matière n_g de propane libère $Q_A = n_g \times E_n$, avec $n_g = \dfrac{m_g}{M}$. Donc :

$$m_g = \frac{Q_A \times M}{E_n}$$

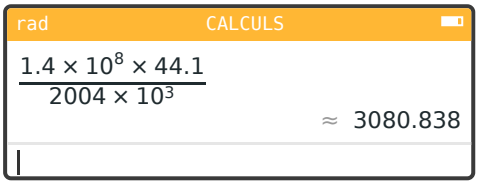
$$m_g = \frac{1{,}4 \times 10^8 \times 44{,}1}{2004 \times 10^3}$$

$m_g = 3{,}1 \times 10^3$ g, soit 3,1 kg.

PIÈGE
Laisser E_n en kJ · mol^{-1} alors que Q_A est en joules : la masse serait mille fois trop grande.

MÉTHODE
Énergie de combustion vers masse : 1) $n = \dfrac{Q}{E_n}$; 2) $m = n \times M$. La même démarche resservira à la question 9.

À LA CALCULATRICE



5 Le débit du gaz étant constant, $D = 1250$ g · h^{-1}, déterminer la durée Δt_A nécessaire pour que le four atteigne la température souhaitée.

Données utiles $m_g = 3{,}1 \times 10^3$ g (Q4) ; $D = 1250$ g · h^{-1}

Le débit massique est la masse de gaz cédée par unité de temps : $D = \dfrac{m_g}{\Delta t_A}$, donc

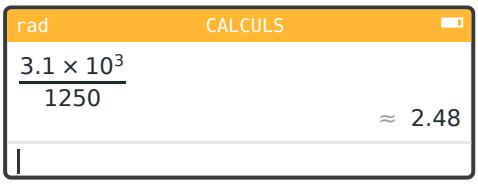
$$\Delta t_A = \frac{m_g}{D}$$

$$\Delta t_A = \frac{3{,}1 \times 10^3}{1250}$$

$\Delta t_A = 2{,}5$ h, soit environ 2 h 30 min.

PIÈGE
Le débit est en grammes par heure : le résultat sort en heures, pas en secondes. Garder m_g en grammes.

À LA CALCULATRICE



6 Citer les trois modes de transfert thermique possibles du four vers le milieu extérieur.

Conduction, convection et rayonnement.

COMPRENDRE
Conduction à travers les briques, convection de l'air au contact des parois et par la cheminée, rayonnement des parois chaudes.

7 Calculer le flux thermique Φ entre le système {four} et le milieu extérieur lorsque le four est maintenu à $\theta_{four} = 1000$ °C.

Données utiles $R_{th} = 0{,}60$ K · W^{-1} ; $\theta_{four} = 1000$ °C ; $\theta_{ext} = 20$ °C

$$\Phi = \frac{\theta_{four} - \theta_{ext}}{R_{th}}$$

$$\Phi = \frac{1000 - 20}{0{,}60}$$

$\Phi = 1{,}6 \times 10^3$ W

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme R_{th}. Pour la suite, on garde la valeur non arrondie $1{,}63 \times 10^3$ W afin de ne pas cumuler les arrondis.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1000 - 20}{0.60}$

$\approx$ 1633.333

8 Montrer que l'énergie Q_B nécessaire pour maintenir constante la température du four pendant Δt_B est proche de 2,0 MJ.

Données utiles $\Phi = 1{,}63 \times 10^3$ W (Q7) ; $\Delta t_B = 20$ min

La température du four reste constante : l'énergie Q_B reçue compense exactement l'énergie perdue vers l'extérieur pendant Δt_B.

$$Q_B = \Phi \times \Delta t_B$$

avec $\Delta t_B = 20 \times 60 = 1{,}2 \times 10^3$ s.

$Q_B = 1{,}63 \times 10^3 \times 1{,}2 \times 10^3 = 1{,}96 \times 10^6$ J

$Q_B = 1{,}96$ MJ $\approx 2{,}0$ MJ, valeur attendue.

PIÈGE
Laisser Δt_B en minutes. Un watt est un joule par seconde : la durée doit être en secondes.

COMPRENDRE
À température constante, $\Delta U = 0$: tout ce que le four reçoit repart vers l'extérieur.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.63 \times 10^3 \times 20 \times 60$

$\approx$ 1956000

9 En déduire la masse de gaz minimale m_{min} qui doit être consommée pendant la phase de maintien en température.

Données utiles $Q_B = 1{,}96 \times 10^6$ J (Q8) ; $M = 44{,}1$ g · mol^{-1} ; $E_n = 2004$ kJ · mol^{-1}

Même raisonnement qu'à la question 4, en supposant que toute l'énergie de combustion est reçue par le four :

$$m_{min} = \frac{Q_B \times M}{E_n}$$

$$m_{min} = \frac{1{,}96 \times 10^6 \times 44{,}1}{2004 \times 10^3}$$

$m_{min} = 43$ g

COMPRENDRE
La masse est « minimale » car l'énoncé ne donne aucune perte pour cette phase. Si une partie de la chaleur de combustion s'échappait sans chauffer le four, il faudrait brûler davantage de gaz.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1.96 \times 10^6 \times 44.1}{2004 \times 10^3}$

$\approx$ 43.13174

10 Comparer l'énergie Q_A nécessaire à la mise en température à l'énergie Q_B nécessaire au maintien en température. En tirer une conclusion pratique lorsque l'on a plusieurs cuissons à réaliser.

Données utiles $Q_A = 1{,}4 \times 10^8$ J (Q3) ; $Q_B = 2{,}0 \times 10^6$ J (Q8)

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{1{,}4 \times 10^8}{2{,}0 \times 10^6} = 70$$

La mise en température demande environ 70 fois plus d'énergie que le maintien à 1000 °C pendant 20 min.

$Q_A \approx 70 \times Q_B$: il faut enchaîner les cuissons sans laisser le four refroidir, pour ne payer la mise en température qu'une seule fois.

PIÈGE

Se contenter de « Q_A est plus grande que Q_B ». Comparer exige un rapport chiffré, et la question attend en plus une conclusion pratique.

À LA CALCULATRICE

