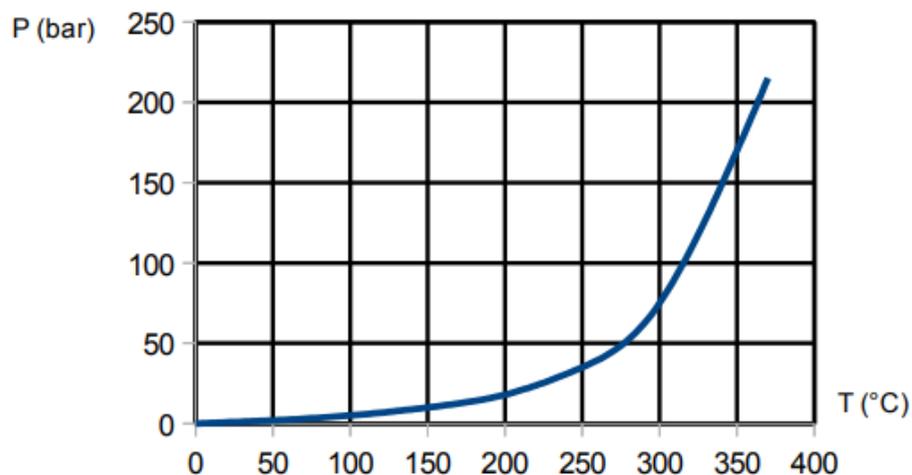


Les changements d'état – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Dans une centrale nucléaire à eau pressurisée (REP), la chaleur dégagée par le réacteur nucléaire est captée par un circuit primaire qui contient de l'eau à une température de 286°C à l'entrée du réacteur et de 323°C à sa sortie. La pression de l'eau dans ce premier circuit est égale à 155 bars. Un échangeur de chaleur permet au circuit primaire de céder de la chaleur au circuit secondaire qui contient également de l'eau, pour la vaporiser. Cette vapeur d'eau sous pression assure la rotation des turbines de la centrale. Au niveau des turbines l'eau du circuit secondaire se trouve à une pression de 55 bars et à l'état de vapeur. On donne ci-dessous le diagramme d'état (P, T) de l'eau correspondant à ces domaines de température et de pression.



1. Citer les noms des deux changements d'états correspondant à la courbe du diagramme.
2. Préciser le domaine de l'eau liquide et celui de l'eau vapeur.
3. Indiquer, à l'aide du diagramme, l'état physique de l'eau dans le circuit primaire.
4. Quelle doit être la température minimum de l'eau au niveau des turbines pour qu'elle soit à l'état vapeur à la pression de 55 bars ?

Exercice 2 corrigé disponible

Un four à micro-ondes de puissance 1000 W est utilisé pour décongeler un potage, de masse 500g, sorti du congélateur à une température de $-18,0^{\circ}\text{C}$. On souhaite déterminer le temps de décongélation pour amener cette préparation culinaire, qui peut être assimilée à de l'eau (les aliments en contiennent en forte proportion), à l'état liquide à une température de $0,00^{\circ}\text{C}$. On suppose que le four fonctionne à pleine puissance lors de la décongélation rapide et que toute l'énergie qu'il fournit est absorbée par la préparation culinaire.

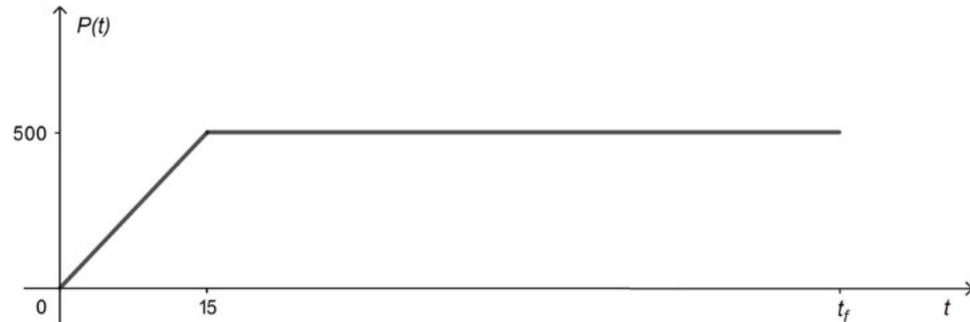
Données : $L_{f\text{eau}} = 334 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$; $c_{\text{glace}} = 2,22 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$

1. Comment appelle-t-on ces grandeurs $L_{f\text{eau}}$ et c_{glace} ?
2. Donner qualitativement la forme de la courbe d'évolution de la température de la préparation culinaire en fonction du temps, au cours de cette opération. Justifier la présence de deux parties distinctes sur cette courbe.
3. Calculer l'énergie que reçoit la préparation culinaire
4. En déduire le temps de l'opération de décongélation en minutes et secondes
5. Expliquer microscopiquement la fusion de l'eau ; s'agit d'un changement d'état endothermique ou exothermique

Exercice 3 corrigé disponible

L'appareil de chauffage atteint la puissance $P_0 = 500 \text{ W}$ en 15 secondes. On l'éteint à l'instant t_f lorsque l'eau liquide obtenue par la fonte de la glace atteint 25°C .

La courbe représentée ci-après donne l'évolution de la puissance $P(t)$ fournie par l'appareil au cours du chauffage, avec $P(t)$ en W et t en seconde.



Evolution de la puissance en fonction du temps au cours du chauffage avec $P(t)$ en W et t en seconde

1. Hachurer sur le graphique le domaine dont l'aire vaut et le domaine

$$\int_{15}^{t_f} p(t) dt$$

2. Quelle est l'énergie nécessaire pour porter un morceau de glace de masse $m=50 \text{ g}$ de la température $\theta_1=-10^\circ\text{C}$ à $\theta_2=25^\circ\text{C}$
3. En supposant que l'énergie fournie par le chauffage sert à faire fondre la glace et à porter l'eau liquide obtenue à 25°C , déterminer t_f

données : pour l'eau $L_{\text{fusion}}=333 \text{ kJ/kg}$ $C_{\text{v liquide}}=4185 \text{ J/kg}$
 $C_{\text{v solide}}=2060 \text{ J/kg}$

Exercice 4 corrigé disponible

QCM : indiquer la réponse vraie

1. Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{\text{eau}} = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Un radiateur a une puissance électrique de 1500 W , il contient un volume d'eau égal à 20 L . La variation d'énergie interne de l'eau lorsque la température passe de 16°C à 23°C vaut :

- A $\Delta U = 5,86.10^5 \text{ W}$ B $\Delta U = -5,86.10^5 \text{ J}$
 C $\Delta U = 5,86.10^5 \text{ J}$

2. Donnée : capacité thermique de la tige $C_{Cu} = 173,7 \text{ J.K}^{-1}$

La variation d'énergie interne de la tige de cuivre à 20°C porté à 90°C vaut :

- A $\Delta U = -12 \text{ kJ}$ B On ne peut pas savoir
 C $\Delta U = 12 \text{ kJ}$

3. Lorsqu'un système passe de l'état gazeux à l'état liquide, il subit une :

- A vaporisation B fusion
 C liquéfaction D condensation

4. Aujourd'hui, dans la salle de classe, la pression de l'air est d'environ :

- A 1013 bar B 10^5 bar
 C 1 bar D $0,1 \text{ bar}$

5. Aujourd'hui, dans la salle de classe, la température de l'air est d'environ :

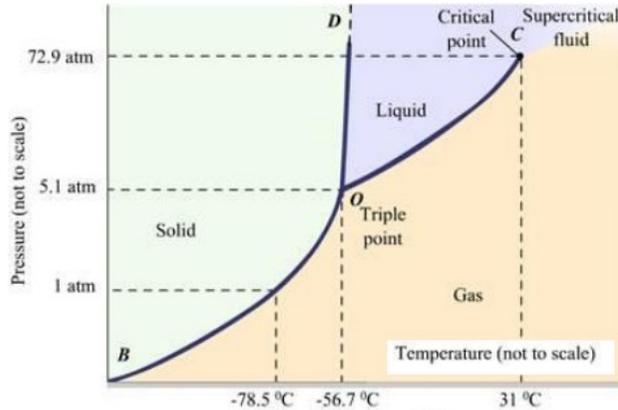
- A 298 K B 273 K
 C 373 K D 0 K

6. Aujourd'hui, dans la salle de classe, le dioxyde de carbone se trouve à l'état :

- A liquide
 C solide

B gaz

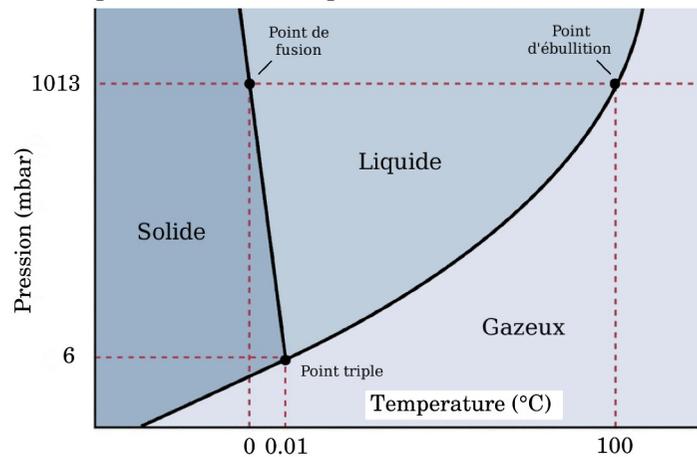
7. Si l'on refroidit du dioxyde de carbone gazeux de la température 25 °C à la température -80°C en gardant la pression constante à 1 bar,



- A il n'y aura pas de changement d'état
 B on ne peut rien dire
 C il y aura un changement d'état

8. Lorsque l'eau est maintenue à 50°C et 600 mbar dans un récipient :

- A. les liaisons hydrogènes n'interviennent pas dans la cohésion de la matière
 B. L'eau est à l'état liquide
 C. L'eau s'évapore dans l'atmosphère



Exercice 5

Le givrage des différentes parties d'un avion est un problème qui peut être résolu de différentes façons. Le réchauffement de zones vulnérables est une méthode très courante de prévention du givrage. On s'intéresse ici au dégivrage par apport d'énergie thermique.



Données : Capacité thermique massique de l'eau solide : $c_s = 2090 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $L = 333 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

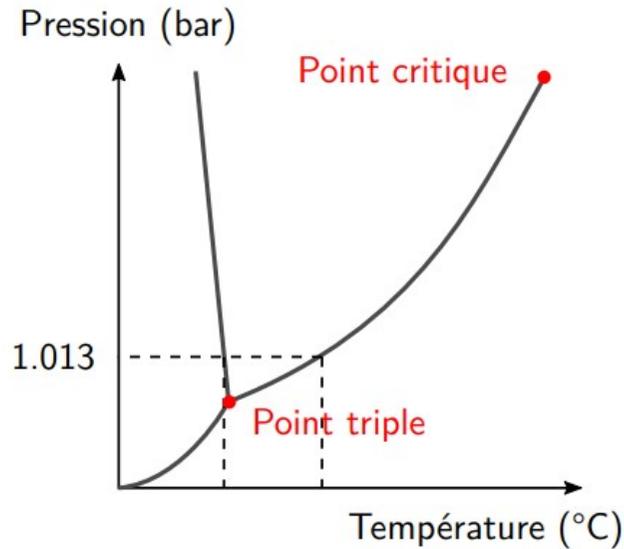
Masse volumique de l'eau solide à -10°C : $\rho_s = 0,92 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$

Une surface de 5,0 m² de glace recouvre l'aile d'un avion sur une épaisseur d'un demi millimètre. La température de la glace est $\theta_1 = -10^\circ\text{C}$.

- Déterminer la masse de glace m déposée sur l'aile de l'avion.
- Exprimer puis déterminer la valeur E_1 de l'énergie nécessaire pour augmenter la température de la glace de -10°C à 0°C.
- Exprimer puis déterminer la valeur E_2 de l'énergie nécessaire pour transformer à 0°C la glace en eau liquide.
- En déduire la valeur de l'énergie totale nécessaire à cette opération de dégivrage.
- On souhaite réaliser le dégivrage en 5,0 min ; quelle doit être la puissance thermique délivrée par le chauffage ?

Exercice 6

On donne ci-dessous le diagramme d'état de l'eau.



1. Définir le point triple et le point critique. Rechercher leurs valeurs.
2. Préciser les états ainsi que le nom des courbes sur le diagramme d'état.
3. Indiquer les températures particulières repérées par des pointillés sur le diagramme.
4. Décrire l'organisation microscopique des trois états de la matière.
5. Quelle est l'origine microscopique des liaisons hydrogènes dans le cas de l'eau ?

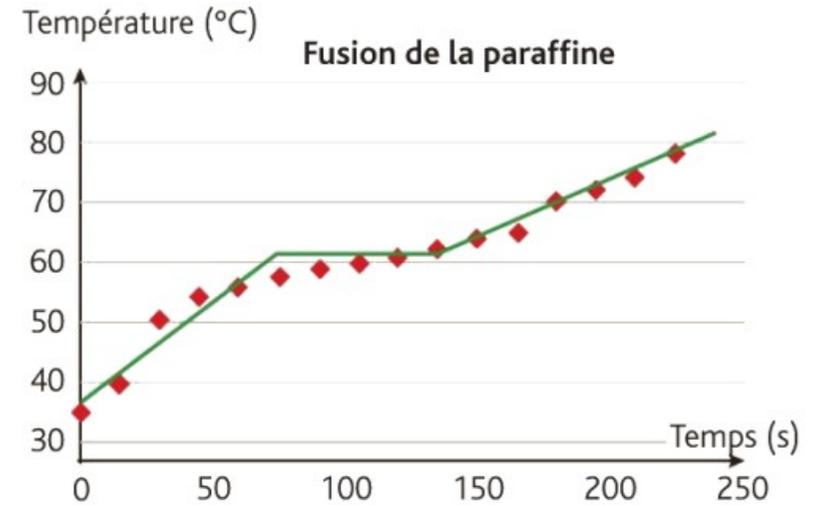
Exercice 7

Dans le cadre d'un projet de stockage d'énergie thermique dans des matériaux innovants, un groupe d'élèves réalise une expérience avec une masse $m = 10,0\text{ g}$ de paraffine solide.

Données :

- Capacité thermique massique de la paraffine liquide : $c_l = 2,25\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique de la paraffine solide : $c_s = 3,12\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Voici les résultats expérimentaux obtenus :



1. Repérer sur le graphique deux états de la paraffine.
2. Déterminer la température de fusion de la paraffine.
3. Déterminer la quantité d'énergie reçue par la paraffine à l'état solide.
4. En déduire la puissance de chauffe du dispositif.
5. Déterminer la quantité d'énergie reçue par la paraffine lors de la fusion.
6. En déduire la valeur expérimentale de L_{fusion} .

Exercice 8

Une patinoire olympique possède une piste constituée d'une masse $m = 162\text{ kg}$ de glace qu'il faut maintenir à une température $\theta_2 = -10,0^\circ\text{C}$. Pour réaliser cette couche de glace, l'eau est initialement sous forme liquide à une température $\theta_1 = 12,0^\circ\text{C}$.

Quelle énergie a été utilisée pour la réalisation de la piste ?

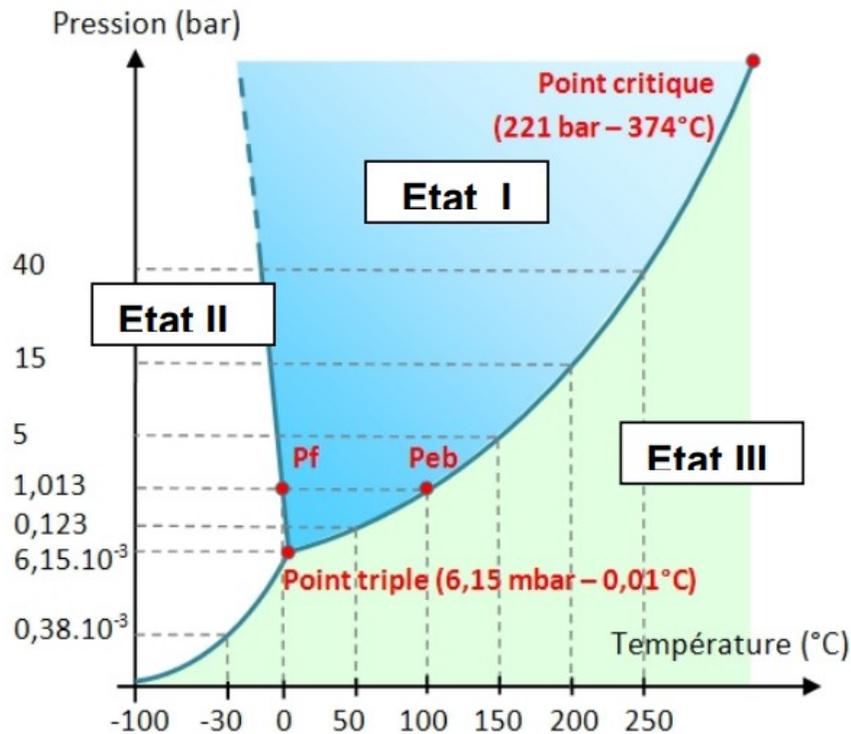
Données :

- Énergie massique de fusion de la glace : $L_f = 334 \times 10^3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_l = 4,19 \times 10^3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'eau solide : $c_s = 2,10 \times 10^3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Exercice 9

L'industrie agroalimentaire utilise souvent la vapeur d'eau pour dégraisser, nettoyer ou désinfecter. On souhaite produire de la vapeur d'eau à 180 °C sous une pression de 5 bar. Pour cela, on amène de l'eau liquide à 20 °C dans une cuve à 180 °C où règne une pression constante de 5 bar. Dans cet exercice on utilise une masse $m = 12 \text{ kg}$ d'eau

Données : Masse volumique de l'eau liquide $\rho_l = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
 Capacité thermique massique de l'eau liquide $C_l = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 Capacité thermique massique de la vapeur d'eau à la pression de 5 bar $C_v = 2,01 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 Capacité thermique massique de l'eau solide $C_s = 2,06 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 Chaleur latente de vaporisation de l'eau à la température $L_v = 2100 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
 Chaleur latente de fusion de l'eau $L_f = 314 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$



Dans la cuve, le système évolue d'un état A ($p = 5 \text{ bar}$, $\theta_1 = 20 \text{ °C}$) jusqu'à un état B ($p = 5 \text{ bar}$, $\theta_2 = 180 \text{ °C}$).

1. A quelle température θ_{eb} aura lieu l'ébullition de l'eau dans la cuve ?
2. Donner l'expression de l'énergie Q_1 nécessaire au chauffage du système de θ_1 jusqu'à θ_{eb} . Calculer Q_1 .
3. Calculer l'énergie Q_2 nécessaire à l'évaporation du système.
4. Calculer l'énergie Q_3 nécessaire au chauffage du système de θ_{eb} jusqu'à θ_2 .
5. Calculer l'énergie thermique nécessaire pour passer le système de l'état A à l'état B.

Exercice 10

1. Qu'est-ce qu'une molécule polaire ? Pourquoi dit-on que la molécule d'eau est polaire ?
2. Expliquer pourquoi la molécule de dioxygène n'est pas polaire.
3. Justifier les différences observées dans le tableau ci-dessous entre les valeurs des chaleurs latentes

	dioxygène	ammoniac	eau
L_{vap} (kJ/kg)	213	$1,37 \cdot 10^3$	$2,20 \cdot 10^3$

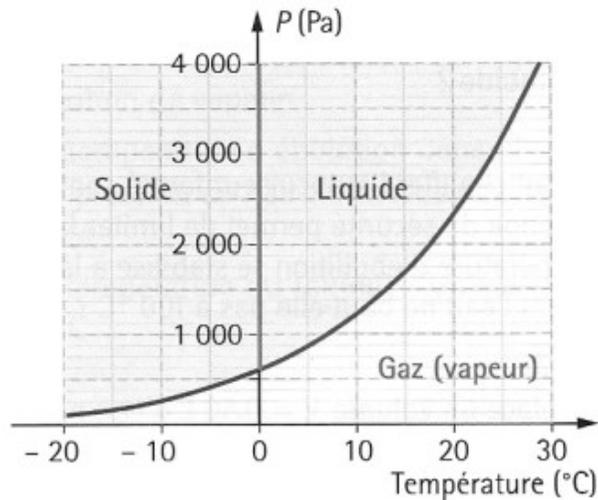
Exercice 11

Une couche de glace d'épaisseur $e = 0,2 \text{ mm}$ couvre la surface $S = 0,6 \text{ m}^2$ du pare-brise d'une voiture

1. Quelle quantité d'énergie ΔE faut-il fournir pour faire fondre cette glace sachant que la température de l'air est de 0 °C ?
2. Que vaut la puissance électrique P que doit fournir une résistance chauffante pour obtenir un dégivrage en $2,5 \text{ min}$?
3. La tension délivrée par la batterie d'une automobile vaut $U = 12 \text{ V}$. Calculer la valeur de l'intensité du courant I qui parcourt la résistance chauffante

Exercice 12

Dans une habitation, l'humidité contenue dans l'air correspond à une pression $P_{\text{vap}} = 1\,400\text{ Pa}$ à la température de 20 °C .



1. Indiquer à l'aide du diagramme d'état sous quelle forme se trouve l'eau dans ces conditions.
2. On ouvre le congélateur. L'air au contact des parois se trouve alors à -17 °C . Indiquer par un point sur le diagramme le nouvel état de l'eau.
3. Quel est le nom de la transformation subie par l'eau à la question 2 ? Préciser le nom des courbes traversées.
4. Après une douche, la pression de la vapeur d'eau dans l'air de la salle de bains vaut $P_{\text{vap}} = 3\,000\text{ Pa}$ à 26 °C . L'air rencontre d'autres éléments plus froids (miroir, murs...). Déterminer, à l'aide du diagramme d'état, la température maximale des éléments rencontrés sur lesquels commencera la condensation.

Exercice 13

Pour refroidir 150 mL de thé qui vient juste d'être infusé (température de 80 °C), on introduit 3 glaçons de 10 g chacun (température de 0 °C). On considérera le thé comme de l'eau.

1. Ecrire l'égalité qui résulte de la conservation de l'énergie en supposant que les échanges d'énergie ne se font qu'entre le thé et les glaçons.
2. Déterminer la température finale du mélange. Doit-on rajouter encore des glaçons pour obtenir un thé glacé ?

Exercice 14

Un congélateur permet de transformer de l'eau liquide prise au robinet à $\theta_1 = 10\text{ °C}$ pour former des glaçons à la température $\theta_2 = -17\text{ °C}$. Un bac à glaçons contient 10 compartiments pouvant chacun contenir une masse de 15 g d'eau.

1. Quel(s) phénomène(s) doit-on négliger pour que la masse d'eau reste constante au cours de la fabrication de glaçons ?
2. Calculer l'énergie échangée par l'eau liquide avec le congélateur lors du passage de $\theta_1 = 10\text{ °C}$ à $\theta_F = 0,0\text{ °C}$.
3. Calculer l'énergie échangée par l'eau liquide avec le congélateur quand elle passe sous forme de glace à $\theta_F = 0,0\text{ °C}$. La température change-t-elle durant la solidification ?
4. Calculer l'énergie échangée par la glace avec le congélateur lors du passage de $\theta_F = 0,0\text{ °C}$ à $\theta_2 = -17\text{ °C}$.