|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TP3 | **Énergie et changements d’état** |  |

***Objectif de la séance :***

* Mesurer une énergie de changement d’état.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Lorsque l’on ajoute des glaçons à une boisson, on constate, au bout de quelques minutes, que la boisson est plus froide et les glaçons ont fondu.  **Comment expliquer ces deux phénomènes ?** |

1. **Les changements d’état**

* Nous connaissons la matière sous trois états physiques principalement : états **solide**, **liquide** et **gazeux**. On trouve également des états plus « exotiques » comme les plasmas, les cristaux liquide, etc. ;
* Un **changement d’état** est une transformation physique par laquelle un corps passe d’un état physique à un autre. Un changement d’état se fait à **température et pression constantes** pour un corps pur (ne contenant qu’une seule espèce chimique). A la température de transition, les deux états physiques peuvent coexister.

→ Ainsi, pour se placer expérimentalement à 0°C exactement, on utilise un mélange d’eau liquide et de glace fondante.

Compléter les 2 documents ci-dessous :

* Les changements d’état de la matière : (à compléter)
* Au niveau microscopique, on peut associer aux états de la matière un arrangement des particules : (à compléter)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **État physique** | **Solide** | **Liquide** | **Gaz** |
| **Arrangement des particules** | Compact  ordonné |  |  |

1. **Mesure d’une énergie de changement d’état**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Principe d’une mesure :**  On place dans un calorimètre une masse m1 d’eau à la température θi (après équilibre) puis on introduit une masse m2 de glaçons à la température θfus. On laisse évoluer le mélange (appelé système) jusqu’à sa température finale d’équilibre θ*f*.  Le calorimètre et l’eau qu’il contient vont échanger de l’énergie sous forme de chaleur avec les glaçons. Ces énergies échangées sont les suivantes :   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Énergie** | **Expression** | **Remarque(s)** | | **Énergie thermique fournie par la masse m1 d’eau** | Q1 = m1 × ceau × (θ*f* – θi) | ceau = 4,18 J.g–1.°C–1  Lfus = énergie thermique massique  (ou chaleur latente massique) de fusion  de la glace (en J.kg–1). | | **Énergie thermique reçue par la masse m2 de glaçons lors de la fusion** | Q2 = m2 × Lfus | | **Énergie thermique reçue par la masse m2 d’eau formée** | Q3 = m2 × ceau × (θ*f* – θfus) | |

**Vocabulaire et conventions :**

* Des corps à des températures différentes échangent de l’énergie lorsqu’ils sont mis en contact : ce sont des **transferts thermiques** ;
* Les mesures des énergies échangées au cours de ces transferts thermiques s’effectuent dans un **calorimètre** (thermiquement isolé) permettant **d’empêcher les échanges d’énergie avec le milieu extérieur** ;
* L’énergie échangée sous forme de chaleur est une **grandeur algébrique**, notée **Q**, qui s’exprime en **joule**

(*symbole* : **J**) :

* Si θ*f* > θi alors **Q > 0** : le corps **reçoit**effectivement **de l’énergie sous forme de chaleur** ;
* Si θ*f* < θi alors **Q < 0** : le corps reçoit une énergie « négative » sous forme de chaleur ⇔ il **perd de l’énergie sous forme de chaleur**.
* Si plusieurs corps sont placés dans une enceinte isolée de l'extérieur (calorimètre), les énergies qu'ils échangent sous forme de chaleur, dans cette enceinte, vérifient le principe de conservation de l'énergie.

|  |
| --- |
| **Protocole expérimental :**  ➊ Placer 3 ou 4 glaçons dans un récipient (verre à pied) contenant de l’eau distillée (à température ambiante) afin qu’ils soient à la température de **θfus = 0°C** ;  ➋ Verser, dans le calorimètre, une masse **meau = 200 g** d'eau à température ambiante. Placer le couvercle et le thermomètre ;  ➌ Agiter quelques instants puis attendre que la température de l’eau dans le calorimètre se stabilise. Noter la valeur **θinitiale** de la température atteinte ;  ➍ Prendre les 3 ou 4 glaçons à la température de **θfus = 0°C**, les sécher avec du papier absorbant puis, très rapidement, mesurer leur masse, qu’on notera **mglaçons**, et les introduire immédiatement dans le calorimètre ;  ➎ Agiter le mélange de temps en temps et relever, pendant 20 minutes, la température du mélange : d’abord toutes les 20 s (pendant les 5 premières minutes) puis toutes les minutes. Reporter ces valeurs dans un tableau ; noter la valeur **θmin** de la température la plus basse atteinte par le mélange ;  ➏ Noter, au bout de 20 min (fin de l’expérience), la valeur **θfinale** de la température atteinte par le mélange. |

Tableau des mesures :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***t***  (durée en s) | | 0 | | 20 | | 40 | | 60 | | 80 | | 100 | | 120 | | 140 | | 160 | | 180 | | 200 | |
| **θ**  (température en °C) | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 220 | 240 | | 260 | 280 | 300 | | 360 | | 420 | | 480 | | 540 | | 600 | | 660 | | 720 | | 780 | |
|  |  | |  |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 840 | 900 | 960 | 1020 | 1080 | 1140 | 1200 |
|  |  |  |  |  |  |  |

1. **Exploitation des résultats expérimentaux**

À l’aide d’un tableur-grapheur, tracer la courbe représentant l’évolution de la température du mélange (eau + glaçons) en fonction du temps : θ = *f*(*t*).

Questions

**Q1.** Décrire rapidement le déroulement de l’expérience (transformations) à l’intérieur du calorimètre.

**Q2.** Rechercher les définitions de la capacité thermique, de la capacité thermique massique et de la chaleur latente massique de changement d’état d'un corps.

**Q3.** Pourquoi faut-il sécher les glaçons ?

**Q4.** Commenter la forme de la courbe **θ = *f*(*t*)**.

**Q5.** Donner l’expression puis calculer la valeur de l’énergie fournie par les **200 g** d’eau (initialement présents dans le calorimètre) entre le début de l’expérience et l’instant où la température du mélange prend la valeur **θmin**.

**Q6.** Donner l’expression de l’énergie nécessaire pour la fusion des glaçons.

**Q7.** Donner l’expression puis calculer l’énergie reçue par l’eau formée par les glaçons entre la fin de la fusion et l’instant où la température du mélange atteint **θmin**.

**Q8.** En considérant que l’énergie se conserve, et en supposant que les transferts thermiques entre l’extérieur et le calorimètre sont négligeables, déterminer la valeur de l’énergie thermique massique de fusion de la glace, **Lfus**, en J.g–1 puis en J.kg–1.

**Q9.** Commenter la valeur de la température **θfinale**.

**Q10.** La valeur théorique de l’énergie thermique massique (ou chaleur latente massique) de fusion de la glace est **Lfus = 3,3 × 105 J.kg–1**. Calculer l’écart relatif (en %) entre la valeur théorique et la valeur expérimentale. Commenter le résultat et proposer une amélioration de la précision.

Rappel :

Écart relatif (%) = 

1. **Conclusion**

Conclure sur la séance en incluant une réponse à la question posée en début d’activité.

**Tableau des compétences mises en œuvre dans l’activité**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **COMPÉTENCES** | Exemples de capacités et d’aptitudes |  |
| **Mobiliser ses**  **connaissances** | Connaître les notions scientifiques du programme, le vocabulaire approprié, les symboles adaptés, les unités. |  |
| **S’approprier** | Rechercher, extraire et organiser l’information utile. |  |
|  | Adopter une attitude critique vis-à-vis de l’information. |  |
|  | Questionner, identifier, formuler un problème. |  |
|  | Reformuler. |  |
|  | Identifier les risques. |  |
| **Réaliser** | Réaliser un montage à partir d’un schéma. |  |
|  | Suivre un protocole donné. |  |
|  | Utiliser, dans un contexte donné, le matériel à disposition. |  |
|  | Savoir choisir, combiner et réaliser plusieurs actions. |  |
|  | Effectuer un relevé de mesures. |  |
|  | Schématiser, construire un graphique, un tableau, etc. |  |
|  | Exploiter une relation, un calcul littéral. |  |
|  | Effectuer un calcul numérique, utiliser les symboles et les unités appropriés, utiliser la calculatrice. |  |
|  | Reconnaître et utiliser la proportionnalité. |  |
|  | Respecter les règles de sécurité, manipuler avec soin, veiller au rangement du plan de travail, etc. |  |
| **Analyser** | Émettre une hypothèse. |  |
|  | Identifier les paramètres qui influencent un phénomène, choisir les grandeurs à mesurer. |  |
|  | Élaborer ou justifier un protocole. |  |
|  | Proposer une méthode, un calcul, un outil adapté ; faire des essais (choisir, adapter une méthode, un protocole). |  |
|  | Proposer, décrire un modèle ; utiliser un modèle pour prévoir, décrire et expliquer. |  |
|  | Percevoir la différence entre un modèle et la réalité, entre la réalité et une simulation. |  |
| **Valider** | Estimer l’incertitude d’une mesure, faire un traitement statistique d’une série de mesures, etc. |  |
|  | Interpréter des résultats, juger de la qualité d’une mesure, etc. |  |
|  | Confronter le résultat au résultat attendu, mettre en relation, déduire. |  |
|  | Valider ou invalider une information, une hypothèse, etc. |  |
| **Communiquer à l’aide de langages ou d'outils scientifiques** | Communiquer des résultats, rédiger une solution. |  |
|  | Exprimer un résultat (grandeur ─ unité ─ chiffres significatifs). |  |
|  | Rendre compte à l’écrit ou à l’oral en utilisant un vocabulaire adapté. |  |
| **Être autonome, faire preuve d’initiative** | S’impliquer. |  |
|  | Prendre des initiatives, anticiper, faire preuve de créativité. |  |
|  | Travailler en autonomie. |  |
|  | Travailler en équipe. |  |

**CORRECTION**

1. **Les changements d’état**

**vaporisation**

**fusion**

**liquéfaction**

**solidification**

**condensation**

**sublimation**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **État physique** | **Solide** | **Liquide** | **Gaz** |
| **Arrangement des particules** | Compact  Ordonné | Compact  Désordonné | Dispersé  Désordonné |

1. **Mesure d’une énergie de changement d’état**

θinitiale = 22,5 °C ; mglaçons = 24,7 g ; θmin = 12,9 °C ; θfinale = 14,6 °C

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***t***  (durée en s) | 0 | 5 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 |
| **θ**  (Température en °C) | 22,5 | 19,5 | 17,8 | 16,5 | 14,8 | 13,7 | 13,4 | 13,1 | 12,9 | 12,9 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 180 | 240 | 300 | 360 | 480 | 720 | 780 | 900 | 1020 | 1200 |
| 12,9 | 12,9 | 13,1 | 13,3 | 13,4 | 13,8 | 13,9 | 14,1 | 14,3 | 14,6 |

1. **Exploitation des résultats expérimentaux**

Courbe :

*Voir fichier* « TP n°18 - Calorimétrie.xlsx »

Réponses aux questions :

**Q1.** Au cours de l’expérience :

➊ Les glaçons fondent en utilisant de l’énergie fournie par l’ensemble eau (meau) + calorimètre ; (**1 pt**)

Q2 = mglaçons × Lfus (fusion des glaçons)

➋ L’eau formée par les glaçons s’échauffe jusqu’à la température d’équilibre θmin. (**1 pt**)

Q3 = mglaçons × ceau × (θmin – θfus)

→ Le calorimètre étant thermiquement isolé, on peut admettre qu’il y a conservation de l’énergie : l’énergie reçue par les glaçons est égale à l’énergie fournie par l’ensemble eau (meau) + calorimètre.

Q1 = meau × ceau × (θmin – θi) (énergie fournie par l’eau de masse meau, Q1 < 0)

La conservation de l’énergie implique :

Q1 + Q2 + Q3 = 0 ⇔ **meau × ceau × (θmin – θi)** + **mglaçons × Lfus** + **mglaçons × ceau × (θmin – θfus) = 0**

⇒ 

**Q2.** Définitions :

* La **capacité thermique** d’un corps est l’énergie thermique (ou « chaleur ») que doit recevoir ce corps pour que sa température s’élève de 1°C (ou 1 K). On l’exprime en J.°C–1 ou en J.K–1. (**1 pt**)
* La **capacité thermique massique** d’un corps est l’énergie thermique (ou « chaleur ») que doit recevoir une masse de un kilogramme de ce corps pour que sa température s’élève de 1°C (ou 1 K). On l’exprime en J.kg–1·°C–1 ou en J.kg–1.K–1. (**1 pt**)

Remarque : On utilise cependant très souvent comme unité le J.g–1.°C–1 ou le J.g–1.K–1 en s’intéressant à une masse égale à 1g du corps considéré.

* La **chaleur latente massique** de changement d’état est l’énergie thermique (ou « chaleur ») échangée avec le milieu extérieur (lorsque se produit un changement d’état) par une masse de un kilogramme de ce corps à la température de ce changement d’état ; on l’exprime en J.kg–1. (**1 pt**)

Remarque : On utilise cependant très souvent comme unité le J.g–1 en s’intéressant à une masse égale à 1 g du corps considéré. On définit ainsi la chaleur latente massique de fusion (Lfus), d’ébullition (Lébu), de sublimation (Lsub), etc.

**Q3.** Il faut sécher les glaçons afin que la masse m2 corresponde exactement à la masse d’eau qui a fondu au cours de la manipulation. (**1 pt**)

**Q4.** La température du mélange diminue rapidement (forte différence de température entre les glaçons et l’eau liquide) puis tend vers une valeur limite θfinale. (**1 pt**)

Courbe : **3 pts**

**Q5.** Énergie fournie par les 200 g d’eau :

Q1 = meau × ceau × (θmin – θi) < 0 (**0,5 pt**)

A.N. : Q1 = 200 × 4,18 × (12,9 – 22,5) = – 8025,6 J ≅ **– 8026 J** (**1 pt**)

**Q6.** Énergie nécessaire pour la fusion des glaçons :

Q2 = mglaçons × Lfus (**0,5 pt**)

**Q7.** Énergie reçue par l’eau formée par les glaçons :

Q3 = mglaçons × ceau × (θmin – θfus) (**0,5 pt**)

A.N. : Q3 = 24,7 × 4,18 × (12,9 – 0) = 1331,9 J ≅ **1332 J** (**1 pt**)

**Q8.** La conservation de l’énergie implique :

Énergie reçue par les glaçons :

Q2 = mglaçons × Lfus (fusion des glaçons) (**0,5 pt**)

Q3 = mglaçons × ceau × (θmin – θfus) (réchauffement de l’eau formée) (**0,5 pt**)

Énergie fournie par l’eau froide (meau) :

Q1 = meau × ceau × (θmin – θi) (**0,5 pt**)

⇒ Q1 + Q2 + Q3 = 0 ⇔ **mglaçons × Lfus** + **mglaçons × ceau × (θmin – θfus)** + **meau × ceau × (θmin – θi) = 0** (**0,5 pt**)

⇒ 

A.N. :  = **271 J.g–1 = 2,71 × 105 J.kg–1** (**1 pt**)

**Q9.** On peut conclure que le calorimètre ne permet pas une isolation thermique parfaite, puisque la température θmin n’est pas stable (elle remonte jusqu’à θfinale). (**1 pt**)

**Q10.** Écart relatif :

Écart relatif (%) =  ≅ **18 %** (**0,5 pt**)

L’écart est assez important, pour augmenter la précision, on pourrait, en particulier, tenir compte de la capacité thermique du calorimètre. (**1 pt**)

Total : **20 pts (présentation : 1 pt)**

1. **Conclusion**

À vous de la faire !

**FICHE TP n°3 – Énergie massique de changement d’état de l’eau**

|  |  |
| --- | --- |
| **THÈME** | **DOMAINE** |
| Énergie | Énergie interne |

**Type d’activité :** activité expérimentale

**Conditions de mise en œuvre :** 1,5 h.

***Pré-requis :***

* Savoir utiliser un calorimètre
* Savoir mesurer une température
* Savoir mesurer une masse
* Savoir réaliser une représentation graphique

|  |  |
| --- | --- |
| **NOTIONS ET CONTENUS** | **Capacités exigibles / Activités expérimentales** |
| Capacité thermique massique. | * Exprimer et calculer la variation d'énergie interne d'un solide ou d'un liquide lors d'une variation de température. * Définir et exploiter l’énergie massique de changement d’état d’une espèce chimique. * Prévoir le sens d'un transfert thermique entre deux * systèmes pour déterminer leur état final. * *Réaliser expérimentalement le bilan thermique d’une enceinte en régime stationnaire*. |

**Compétences transversales :**

* Travailler en équipe.

|  |  |
| --- | --- |
| **Matériel (par table) :**   * 1 calorimètre + accessoires * 1 éprouvette 250 mL (facultatif) * 1 thermomètre pour console Labquest * 1 chronomètre * 1 bécher de 250 mL * 1 balance au 1/10ème | **Matériel (Bureau professeur) :**   * Glaçons (*voir remarque* ci-dessous) * Consoles Labquest |

Comment déterminer la capacité thermique C d’un calorimètre à l’aide de la méthode des mélanges :

➊ On verse une masse m1 d’eau à température ambiante dans le calorimètre de capacité thermique C ;

➋ On laisse la température se stabiliser à θ1 ;

➌ On ajoute une masse m2 d’eau chaude à la température θ2 ;

➌ On agite jusqu’à stabilisation de la température à θ*f*.

En admettant que le calorimètre est thermiquement isolé on peut écrire :

m1 × ceau × |θ*f* – θ1| + C × |θ*f* – θ1| = m2 × ceau × |θ*f* – θ2|

D’où :



**Remarque :**

**Les glaçons devront avoir été sortis du bac congélateur suffisamment tôt de telle façon qu’ils aient commencé à fondre afin qu’ils soient effectivement à 0°C (température de l’équilibre eau solide – eau liquide). Des glaçons initialement trop froids constituent une source d’erreur fréquente dans cette manipulation.**

**Sources de l’activité**

Activité n°2 p153 (HACHETTE 1ère S, Collection Dulaurans Durupthy)

Activité n°3 p190 (BORDAS 1ère S, Collection E.S.P.A.C.E Lycée)

Activité n°3 p204 (NATHAN 1ère S, Collection SIRIUS)

**COMPLEMENTS**

 