

Измерение удельной теплоемкости и удельной теплоты плавления парафина.

Оборудование: парафин, секундомер, цилиндрический пластмассовый сосуд диаметром 2–3 см, термометр, горячая вода.

Задание. Исследовать зависимость температуры расплавленного парафина от времени в условиях постоянной теплоотдачи и определить удельную теплоёмкость жидкого парафина и удельную теплоту плавления парафина.

Содержание и метод выполнения работы

При передаче твёрдому телу некоторого количества теплоты происходит увеличение амплитуды колебаний атомов или молекул в узлах кристаллической решётки, температура кристалла повышается. При достижении температуры плавления передача телу теплоты не сопровождается повышением температуры до тех пор, пока всё тело не расплавится. В процессе плавления твёрдого тела кинетическая энергия хаотического теплового движения атомов или молекул не меняется. Количество теплоты, получаемое твёрдым телом при плавлении, расходуется на увеличение потенциальной энергии частиц. После расплавления всего кристалла происходит дальнейшее повышение температуры.

При охлаждении расплава до температуры кристаллизации за счёт уменьшения потенциальной энергии взаимодействия частиц внешней среде отдаётся такое количество тепла, какое было получено в процессе плавления. При этом кинетическая энергия атомов или молекул не изменяется, температура твёрдого тела остаётся постоянной до завершения кристаллизации всего расплава.

При постоянной мощности теплопередачи кривая зависимости температуры от времени нагревания кристалла или от времени охлаждения расплава должна иметь вид ломаной с горизонтальным участком в области температуры плавления или температуры кристаллизации. Располагая такой кривой, можно определить удельную теплоёмкость и удельную теплоту плавления вещества.

Если известна мощность P теплопередачи, то удельная теплоёмкость c вещества связана с изменением его температуры ΔT_1 за время Δt_1 выражением

$$Q_1 = P \Delta t_1 = m_1 c_1 \Delta T_1 \quad (1)$$

Из уравнения (1) следует:

$$c_1 = \frac{P \Delta t_1}{m_1 \Delta T_1} \quad (2)$$

Удельную теплоту плавления λ можно найти по известной мощности P теплопередачи и времени плавления вещества, в течение которого температура этого вещества остаётся неизменной:

$$Q_2 = P \Delta t_2 = \lambda m_1 \quad (3)$$

Из уравнения (3) следует:

$$\lambda = \frac{P \Delta t_2}{m_1} \quad (4)$$

Осуществить теплопередачу от нагревателя к исследуемому веществу с постоянной и достаточно точно известной мощностью довольно трудно. Значительно проще обеспечить процесс теплопередачи с постоянной мощностью от нагретого исследуемого вещества в окружающее пространство. Для этого достаточно расплавить исследуемое вещество и предоставить ему возможность остывать при неизменных внешних условиях. Теплопередача от нагретого вещества в окружающую среду зависит, в первую очередь, от разности температур. При небольших изменениях разности температур мощность P теплопередачи от нагретого тела окружающим телам можно считать постоянной.

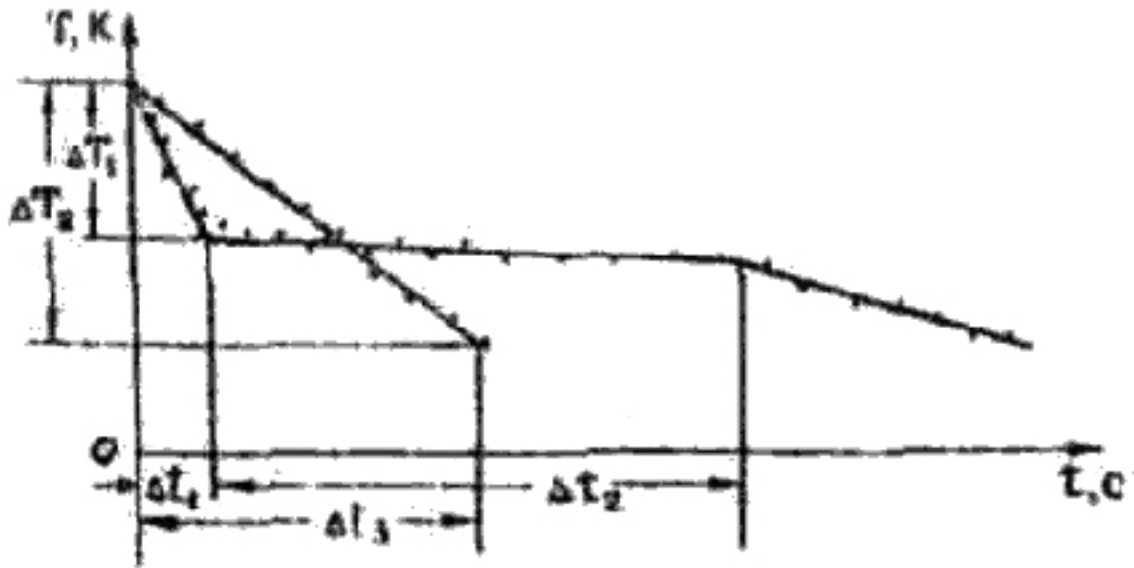
Упрощённый вид кривой зависимости температуры вещества от времени при охлаждении расплавленного кристаллического тела представлен на рисунке. По такой кривой можно определить значения изменения температуры ΔT , и времени Δt_1 для нахождения удельной теплоёмкости вещества в жидком состоянии и времени Δt_2 кристаллизации для вычисления удельной теплоты кристаллизации вещества, равной удельной теплоте плавления.

Мощность теплопередачи от нагретого тела с неизвестными тепловыми параметрами можно узнать, исследовав зависимость температуры от времени для тела массой m_2 такой же формы и размеров в тех же условиях из вещества с известной удельной теплоемкостью c_2 :

$$P = \frac{Q_2}{\Delta t_3} = \frac{m_2 c_2 \Delta T_2}{\Delta t_3} \quad (5)$$

Порядок выполнения работы

1. Взвесьте пластмассовый сосуд, налейте в него воду, нагретую до $60^\circ C$. Укрепите в штативе термометр таким образом, чтобы его конец находился на половине глубины жидкости в сосуде.
2. Запустите секундомер и снимите показание термометра. Далее записывайте показания термометра через одну минуту до тех пор, пока температура воды не снизится до $45^\circ C$.
3. Взвесьте сосуд с водой, найдите массу m_2 воды.
4. Вылейте воду из сосуда и налейте в него расплавленный парафин при температуре $60^\circ C$ до того же уровня, до какого была налита вода. Укрепите термометр в штативе таким образом, чтобы его конец находился на половине глубины жидкого парафина в сосуде.
5. Запустите секундомер и снимите показания термометра. Далее записывайте показания термометра через одну минуту до тех пор, пока температура парафина не снизится до $45^\circ C$.
6. Взвесьте сосуд с парафином и найдите массу m_1 парафина.
7. Постройте график зависимости температуры от времени для воды. По графику зависимости температуры воды от времени найдите длительность интервала времени Δt_3 при изменении температуры воды $\Delta T_2 = 10^\circ C$ от $55^\circ C$ до $45^\circ C$. По найденным значениям ΔT_2 , Δt_3 , m_2 и известной удельной теплоёмкости c_2 воды вычислите мощность P теплопередачи при остывании.
8. Постройте график зависимости температуры от времени для парафина. Определите по графику значения времени Δt_1 остывания жидкого парафина, изменения температуры ΔT_1 до затвердевания парафина. По найденным значениям Δt_1 , ΔT_1 и известным значениям m_1 и P вычислите удельную теплоемкость жидкого парафина c_1 .
9. Определите по графику зависимости температуры парафина от времени продолжительность времени Δt_2 его затвердевания. По найденному значению времени Δt_2 и известным значениям m_1 и P вычислите удельную теплоту λ кристаллизации (плавления) парафина. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу.
10. Сделайте оценки границ погрешностей измерений при определении значений c_1 и λ . Оцените энергию связи молекулы парафина в кристалле.



Контрольные вопросы

1. Почему в опыте по определению удельной теплоты плавления парафина целесообразнее осуществить процесс кристаллизации, а не плавления?
2. Какими соображениями можно руководствоваться при выборе размеров сосуда для проведения опыта?
3. Докажите, что предположение о постоянной мощности теплопередачи в данном эксперименте близко к истине.