231.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКРЫТОЙ ТЕПЛОТЫ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ

Введение

При передаче теплоты веществу при постоянном давлении, температура вещества, как правило, возрастает. Если, в процессе передачи происходит фазовый переход, температура не повышается, так как передаваемое количество теплоты тратится на фазовое превращение. К таким переходам относятся *фазовые переходы первого рода (рис.1)*. Как только фазовый переход закончен, температура снова возрастает, если нагревание продолжается. Примером фазового перехода первого рода является испарение жидкости. Энергия, потребляемая на испарение единицы массы вещества, называется *удельной теплотой испарения* Q_{V}.

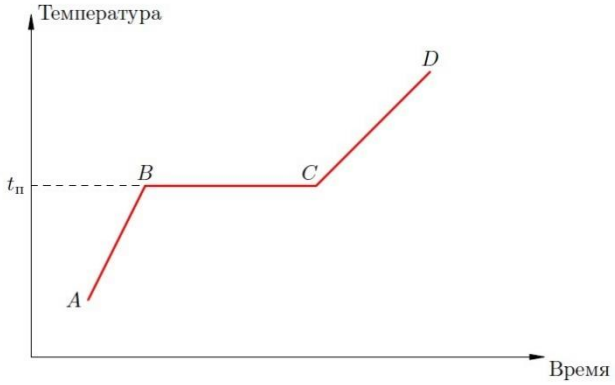


Рис.1 Зависимость температуры вещества при фазовом переходе 1 рода.

$t_{\text{п}}$ – температура фазового перехода.

В лабораторной работе, величина удельной теплоты испарения воды определяется по конденсации чистого пара в калориметре. Пар конденсируется в воду, передавая ему при этом количество теплоты Q_2 и далее сконденсированная из пара вода охлаждаясь нагревает холодную воду до температуры смеси $t_{\text{см}}$. В работе измеряются температура смеси $t_{\text{см}}$, начальная температура t_2 и масса m_2 холодной воды, а также масса m_1 конденсированной воды. Используя эти данные можно найти теплоту, израсходованную на испарение, а, следовательно, и удельную теплоту испарения.

Теплота Q_1 выделяется в процессе конденсации пара в воду:

$$Q_1 = m_1 \cdot Q_V \qquad (1)$$

Теплота, которую сконденсированная вода выделяет, охлаждаясь до температуры смеси $t_{\text{см}}$:

$$Q_2 = c \cdot m_1(100°C - t_{\text{см}}) \qquad (2)$$

(где c – удельная теплоемкость воды).

Теплота, которая поглощается холодной водой при смешивании с паром, определяется:

$$Q_3 = c \cdot m_2(t_{\text{см}} - t_2). \quad (3)$$

В то же время, часть теплоты поглощает калориметр. Ее можно рассчитать, используя водяной эквивалент калориметра m_K :

$$Q_4 = c \cdot m_K(t_{\text{см}} - t_2), \quad (4)$$

где m_K=24г (водяной эквивалент калориметра — это количество воды в граммах, которое при изменении температуры на 1°C поглощает такое же количество теплоты, что и калориметр). Так как выделяемое количество теплоты $Q_1 + Q_2$ и поглощаемое количество теплоты $Q_3 + Q_4$ равны между собой, получаем:

$$Q_V = c \cdot \left[\frac{m_2+m_K}{m_1}(t_{\text{см}} - t_2) - (100°C - t_{\text{см}})\right]. \quad (5)$$

Цель работы

- ✓ Измерить удельную теплоту испарения воды

Решаемые задачи

- ✓ Измерение температуры с помощью термопары
- ✓ Использования калориметра для измерения теплоты
- ✓ Наблюдение фазового перехода первого рода

Экспериментальная установка

<u>Приборы и принадлежности</u>

- ✓ калориметр (сосуд Дьюара)
- ✓ водоотделитель
- ✓ температурный датчик (термопара NiCr-Ni)
- ✓ цифровой термометр или Mobile-CASSY с адаптером
- ✓ лабораторные весы 610г
- ✓ парогенератор
- ✓ силиконовая трубка
- ✓ лабораторный штатив с V-образным основанием
- ✓ два штативных зажима
- ✓ два универсальных зажима
- ✓ лабораторный стакан, 400мл

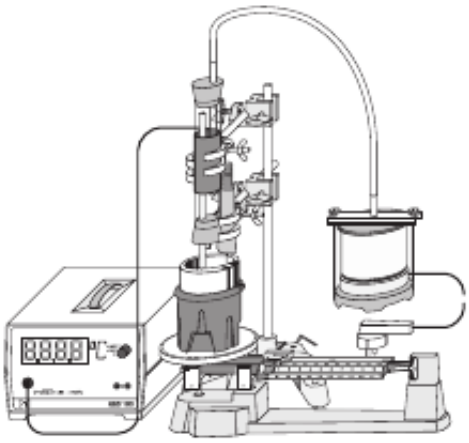


Рис. 1 Схема экспериментальной установки для определения удельной теплоты испарения воды

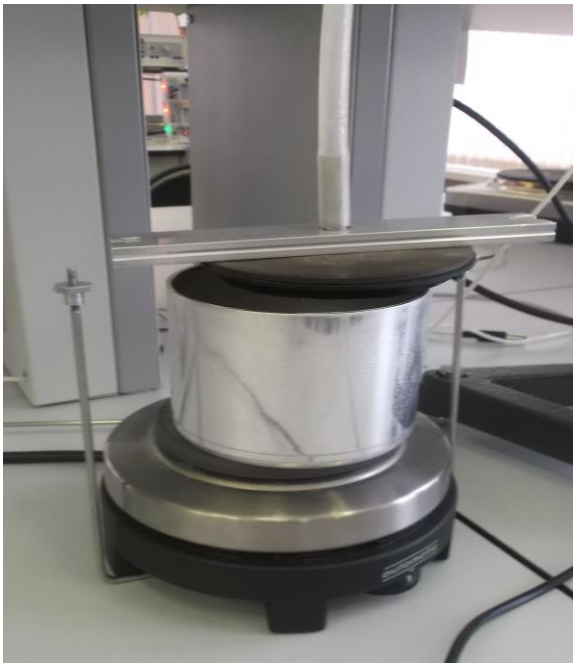
Порядок выполнения работы

<u>Требования безопасности при использовании сосуда Дьюара</u>

- ✓ **Сосуд Дьюара является тонкостенным, вакуумированным стеклянным сосудом, который может быть разбит в результате механического воздействия.**
- ✓ **Не ударяйте и не роняйте сосуд Дьюара**
- ✓ **Не позволяйте каким-либо твердым предметам падать на поверхность или во внутрь сосуда**
- ✓ **Не царапайте стеклянную поверхность острым предметом**

Подготовка установки к работе

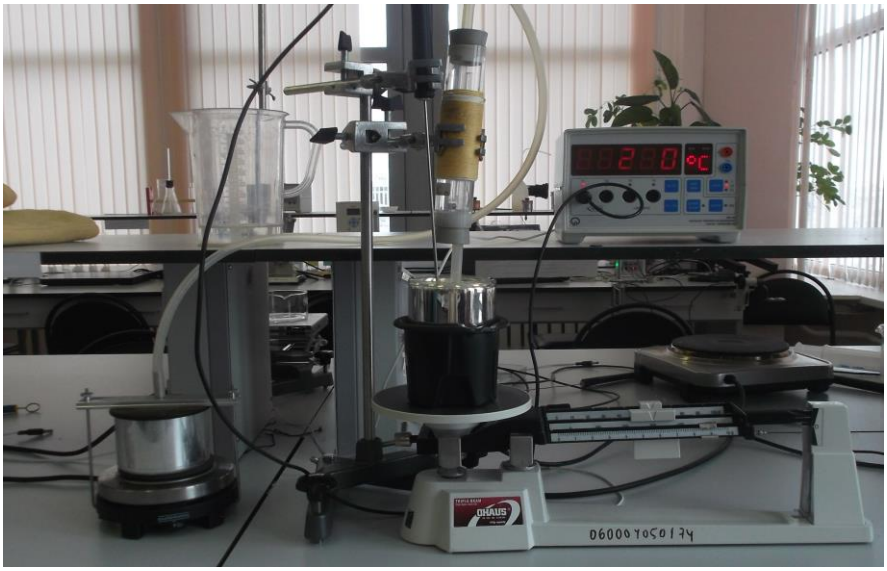
Откройте крышку парогенератора. Заполните дистиллированной водой парогенератор на высоту около 4см. Накройте крышкой и тщательно закрепите зажимным устройством.



Выполнение измерений

1. Выставите нулевой отсчет на весах (в случае, если весы сбиты).
2. Поставьте сосуд Дьюара на весы и определите массу пустого сосуда.
3. Налейте приблизительно 150г дистиллированной воды в сосуд Дьюара. Определите массу воды m_2 и её температуру t_2. Для определения температуры используется термопара.
4. Опустите водоотделитель так, чтобы выходная трубка была приблизительно на 0.5-1см погружена в воду в сосуде Дьюара.

5. Включите парогенератор в сеть. В нижней части парогенератора поставьте выключатель на цифру 4.
6. Опустите датчик температуры в сосуд Дьюара.



7. Пронаблюдайте увеличение общей массы и повышения температуры.
8. После того как общая масса увеличится примерно на 20г, выключите парогенератор и быстро определите температуру смеси. Точно измерьте массу сосуда Дьюара с водой и вычислите m_1.

9. Поднимите водоотделитель выше уровня воды в сосуде Дьюара.

Обработка и представление результатов

Используя формулы (5), определите удельную теплоту парообразования воды, сравните с табличным значением. $Q_V = 2.257*10^3$ *кДж/кг*

*(*водяной эквивалент массы калориметра $m_K = 24$*г;* $c_в = 4.19$*кДж/кг К)*

231.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПЛАВЛЕНИЯ ЛЬДА

Введение

При передаче теплоты веществу при постоянном давлении, температура вещества, как правило, возрастает. Если, в процессе передачи происходит фазовый переход, температура не повышается, так как передаваемое количество теплоты тратится на фазовое превращение. К таким переходам относятся *фазовые переходы первого рода (рис.1)*. Как только фазовый переход закончен, температура снова возрастает, если нагревание продолжается. Известным примером фазового перехода первого рода является превращение воды в лед. Энергия, потребляемая на плавление единицы массы вещества, называется *удельной теплотой плавления* Q_S.

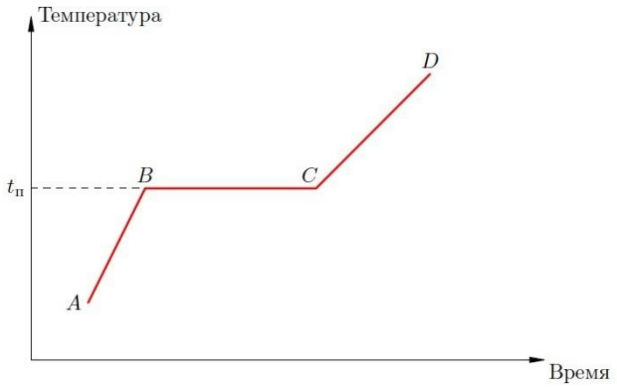


Рис.1 Зависимость температуры вещества при фазовом переходе 1 рода.

$t_п$ – температура фазового перехода.

В лабораторной работе, величина удельной теплоты плавления льда определяется по изменению температуры при смешивании льда и воды в калориметре. Происходит скрытое поглощение теплоты при таянье льда. Проводя измерения температуры смеси $t_{см}$, начальной температуры t_2, массы m_2 теплой воды, а также массу m_1 льда, можно определить удельную теплоту плавления льда.

Теплота, которая поглощается льдом при таянье равна:

$$Q_1 = m_1 \cdot Q_S. \quad (1)$$

Так как лёд, массой m_1 полностью тает, то теплота, которая необходима для нагревания талой воды от температуры $t_1 \approx 0°C$ до температуры смеси $t_{см}$ определяется выражением:

$$Q_2 = c \cdot m_1(t_{см} - 0°C). \quad (2)$$

Теплота, которая выделяется при охлаждении налитой предварительно в калориметр воды массой m_2 определяется:

$$Q_3 = c \cdot m_2(t_2 - t_{см}). \quad (3)$$

Часть энергии выделяется при охлаждении калориметра. Ее можно рассчитать, используя водяной эквивалент калориметра m_K :

$$Q_4 = c \cdot m_K(t_2 - t_{см}), \quad (4)$$

где $m_K = 24г$ (*водяной эквивалент калориметра — это количество воды в граммах, которое при изменении температуры на 1°C поглощает такое же количество теплоты, что и калориметр*). Так как поглощаемое количество теплоты $Q_1 + Q_2$ и выделяемое количество теплоты $Q_3 + Q_4$ равны между собой, получаем:

$$Q_s = c \cdot \left[\frac{m_2 + m_K}{m_1}(t_2 - t_{см}) - (t_{см} - 0°C)\right] \quad (5)$$

Цель работы

- ✓ Измерить удельную теплоту плавления льда

Решаемые задачи

- ✓ Измерение температуры с помощью термопары
- ✓ Использования калориметра для измерения теплоты
- ✓ Наблюдение фазового перехода первого рода

Экспериментальная установка

<u>Приборы и принадлежности</u>

- ✓ калориметр (сосуд Дьюара)
- ✓ водоотделитель
- ✓ температурный датчик (термопара NiCr-Ni)
- ✓ цифровой термометр или Mobile-CASSY с адаптером
- ✓ лабораторные весы 610г
- ✓ парогенератор
- ✓ силиконовая трубка
- ✓ лабораторный штатив с V-образным основанием
- ✓ два штативных зажима
- ✓ два универсальных зажима
- ✓ лабораторный стакан, 400мл

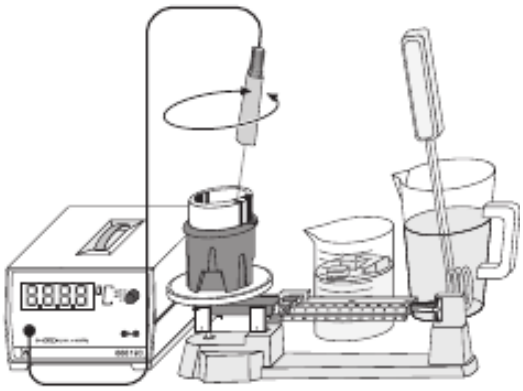


Рис. 2 Схема экспериментальной установки для определения удельной теплоты плавления льда.

Порядок выполнения работы

<u>Требования безопасности при использовании сосуда Дьюара</u>

- ✓ **Сосуд Дьюара является тонкостенным, вакуумированным стеклянным сосудом, который может быть разбит в результате механического воздействия.**
- ✓ **Не ударяйте и не роняйте сосуд Дьюара**
- ✓ **Не позволяйте каким-либо твердым предметам падать на поверхность или во внутрь сосуда**
- ✓ **Не царапайте стеклянную поверхность острым предметом**

Выполнение измерений

1. Выставите нулевой отсчет на весах (при условии, что весы сбиты)
2. Поставьте сосуд Дьюара на весы и определите массу пустого сосуда
3. Налейте приблизительно 150г дистиллированной воды в термостойкий стакан и нагрейте кипятильником воду массой m_2 до температуры между 40°С и 50°С.
4. Налейте теплую воду из пластикового стакана в сосуд Дьюара. Определите массу воды m_2 и её температуру t_2. Для определения температуры используется термопара.
5. Положите лед в теплую воду. Предварительно подержав его при комнатной температуре 3-5 минут.
6. Перемешивайте до тех пор, пока лёд не растает, и определите температуру $t_{см}$.
7. Измерьте массу сосуда Дьюара с водой и определите массу льда m_1.

Обработка и представление результатов

1. Используя формулу (5), определите удельную теплоту плавления льда.
2. Эксперимент проведите три раза и определите среднюю удельную теплоту плавления льда, сравните с табличным значением. Q_s *=340 кДж/кг*