

Министерство общего и профессионального
образования Российской Федерации

ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ И
ИЗМЕНЕНИЯ ЭНТРОПИИ ПРИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ**

Методические рекомендации

Иркутск 2001г

Печатается по решению научно- методического совета
Иркутского государственного университета

Кратко рассматриваются теория процесса теплопередачи и один из методов определения удельной теплоемкости твердых тел и изменения энтропии в реальных системах.

Студентам предлагается экспериментально определить удельную теплоемкость испытуемого тела и изменение энтропии.

Предназначены для студентов 1 и 2 курсов естественных факультетов.

Библиогр. 3 назв. Табл. 1.

Составители: ст. преп. кафедры общей и космической
физики Айданова О.С.

Рецензент доц. Алексеева Л.И.

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ И ИЗМЕНЕНИЯ ЭНТРОПИИ ПРИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ

Цель работы:

Знакомство с теорией процесса теплопередачи и одним из методов определения удельной теплоемкости твердых тел и изменения энтропии в реальных системах.

Основные приборы и принадлежности:

Калориметр, два термометра, нагреватель, два исследуемых твердых тела (латунное и алюминиевое), технические весы, разновесы.

Краткая теория

Процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы называют *теплопередачей*. Количество энергии переданное при таком процессе называют *количеством теплоты* Q . Если тело получает некоторое количество теплоты, то $Q > 0$, если отдает - $Q < 0$.

Пусть в изолированной системе происходят только тепловые явления, т.е. передача энергии от одних тел к другим происходит путем теплопередачи. В этом случае алгебраическая сумма количеств теплоты, полученных и отданных всеми N телами, участвующих в теплообмене, равна нулю:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_N = 0.$$

Это равенство выражает *закон сохранения тепловой энергии*.

Количество теплоты Q нельзя выразить только через термодинамические параметры системы - (P, V, T) . Поэтому для расчета количества теплоты используют экспериментально определенные величины - теплоемкости.

Удельной теплоемкостью вещества (c) называется величина, численно равная количеству теплоты, которое необходимо сообщить единице массы (m) тела, чтобы увеличить его температуру на один градус К:

$$c = (1/m) \cdot (dQ/dT).$$

Удельная теплоемкость является тепловой характеристикой вещества. У большинства тел с повышением температуры теплоемкость увеличивается. У воды теплоемкость понижается в пределах от 0 до 35,5 °С, а затем

повышается. Однако, изменение теплоемкости воды в интервале температур от 0 до 100 °С не превышает 1%.

Из определения удельной теплоемкости следует, что:

$$Q = \int m c dT.$$

Если зависимостью теплоемкости от температуры можно пренебречь, то количество теплоты, необходимое для нагревания тела от температуры от T_1 до T_2 , будет равно :

$$Q = cm(T_2 - T_1).$$

При охлаждении тело будет отдавать такое же количество теплоты.

В процессе теплообмена 2-х тел в изолированной системе энергия передается всегда от тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой. Этот экспериментальный факт носит название **второго начала термодинамики**. Количественной характеристикой направленности процесса теплообмена является **энтропия** S . Это физическая величина, изменение которой показывает сколько тепла отдает (или принимает) тело при данной температуре, т.е.:

$$dS = dQ/T.$$

Изменение полной энтропии системы равно алгебраической сумме изменений энтропии всех тел. В процессе теплообмена в изолированной системе полная энтропия системы будет возрастать до тех пор, пока происходит выравнивание температур. При выравнивании температур энтропия системы достигает максимума и в дальнейшем остается постоянной. Это эквивалентное определение второго начала термодинамики.

Если известна удельная теплоемкость вещества, то $dQ = cm \cdot dT$ и изменение энтропии тела в процессе теплообмена равно:

$$dS = \int cm \cdot dT/T.$$

Интегрируя это равенство при изменении температуры тела от T_1 до T_2 получаем:

$$dS = cm \cdot \ln(T_2/T_1).$$

Описание установки

В состав установки входит:

1. Калориметр - массой m_k с удельной теплоемкостью $c_k = 420$ Дж/кг·К;
2. Вода - массой m_e с удельной теплоемкостью $c_e = 4200$ Дж/кг·К;
3. Испытуемое тело - массой m_m с удельной теплоемкостью c_m .

Пусть калориметр с водой имеет начальную температуру T_1 , а испытуемое тело нагрето до температуры T_2 . Поместим испытуемое тело в калориметр,

наполненный водой. За счет теплообмена система - калориметр + вода + тело - со временем перейдет в равновесное состояние с температурой T .

Запишем закон сохранения тепловой энергии для системы:

$$m_k c_k (T - T_1) + m_в c_в (T - T_1) - m_m c_m (T_2 - T) = 0.$$

Полученное равенство позволяет определить удельную теплоемкость испытуемого тела:

$$c_m = (m_k c_k + m_в c_в)(T - T_1) / m_m (T_2 - T). \quad (1)$$

Зная значение c_m можно посчитать изменение энтропии в системе:

$$DS = (m_k c_k + m_в c_в) \ln(T/T_1) - m_m c_m \ln(T_2/T). \quad (2)$$

Порядок выполнения работы

1. На технических весах с точностью до 0,1 г определить массу испытуемого тела m_m .
2. Поместить это тело в нагреватель, довести до кипения и кипятить минут 15. По таблице найти температуру кипения воды при данном атмосферном давлении. Это и будет температура испытуемого тела T_2 .
3. Определить взвешиванием массу калориметра m_k .
4. Налить в калориметр воду приблизительно до половины его высоты. Провести взвешивание калориметра с водой. Разность между массой калориметра с водой и массой пустого калориметра даст массу воды $m_в$.
5. Определить начальную температуру калориметра с водой T_1 .
6. Быстро опустить пинцетом нагретое тело в калориметр с водой. Дождаться равновесного состояния системы. Измерить температуру системы T .
7. По данным эксперимента вычислить удельную теплоемкость испытуемого тела c_m (1) и изменение энтропии DS (2). Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

| Образец | m_m , кг | m_k , кг | $m_в$, кг | T_1 , К | T_2 , К | T , К | c_m | DS |
|---------|------------|------------|------------|-----------|-----------|---------|-------|------|
| | | | | | | | | |

8. Провести аналогичные измерения для других образцами.

Контрольные вопросы

1. Что такое количество теплоты?
2. Сформулируйте закон сохранения тепловой энергии.

3. Что называется удельной теплоемкостью? В каких единицах она измеряется и от чего она зависит?
4. Сформулируйте второе начало термодинамики.
5. Каков смысл термодинамического понятия энтропии системы? В каких единицах измеряется энтропия?
6. Что из себя представляет калориметр?

Рекомендуемая литература

1. Грабовский Р.И. Курс физики. М. 1963.
2. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. М. 1974. т.1.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. М. 1982. т.1.

Глазунов Олег Олегович

**Определение удельной теплоемкости твердых тел и изменения энтропии
при теплопередаче**

Подписано в печать . Формат 60X90 1/16.
Бумага писчая. Печать офсетная. Гарнитура Times.
Усл.печ.л. 0,8.Уч.-изд. л. 0,7. Тираж План г. Поз.

Редакционно- издательский отдел
Иркутского государственного университета
664003, Иркутск, б. Гагарина,36