

КАЛМЫЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра общей физики

Лабораторная работа № 2

«Определение удельной теплоемкости жидкости»

Лаборатория № 211

Лабораторная работа № 2
«*Определение удельной теплоемкости жидкости*»

Цель работы: знакомство с методикой калориметрических измерений, экспериментальное определение удельной теплоемкости жидкости калориметрическим способом.

Приборы и принадлежности: два калориметра, две спирали нагревателя, термометры, исследуемая жидкость.

Т е о р и я м е т о д а

Тепловые явления, т.е. явления, связанные с нагревом или охлаждением тел, являются весьма важными в молекулярной физике. Основным здесь является понятие теплоты. Нагретое тело отличается от холодного тем, что молекулы нагретого тела движутся интенсивно и хаотически. Поэтому *теплотой* можно назвать форму беспорядочного (теплого) движения образующих тело частиц (молекул, атомов и др.). Физической величиной, которая количественно измеряет теплоту, является *количество теплоты* Q - это количество энергии, получаемое (или отдаваемое) телом при нагреве (или охлаждении). Это количество энергии тратится на увеличение (или уменьшение) интенсивности хаотического (теплого) движения молекул, составляющих тело.

Единица измерения теплоты в системе СИ - Джоуль. Допускается измерение количества теплоты в калориях: $1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж}$, $1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Дж}$, $1 \text{ Дж} = 0,239 \text{ кал}$.

Наряду с работой A , количество теплоты является мерой измерения внутренней энергии тела. При теплообмене внутренняя энергия тела меняется в результате прямых взаимодействий (соударений) молекул тела с молекулами окружающих тел.

Количество теплоты, поглощаемое телом при его нагревании на 1 гра-

дус (1°C или 1°K), называется *теплоемкостью*, C . Теплоемкость единицы массы вещества называется *удельной теплоемкостью*, $C_{y\partial}$. Более строго теплоемкость нужно определять как отношение количества теплоты dQ , сообщаемое телу, к изменению температуры dT тела при бесконечно малом приращении этих величин:

$$C = \frac{dQ}{dT}, \quad C_{y\partial} = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{dT}, \quad (1)$$

где m - масса тела. Теплоемкость имеет размерность Дж/К или кал/К. Размерность удельной теплоемкости Дж/кг·К или кал/кг·К.

Экспериментальное определение теплоемкости тела сводится к измерению количества теплоты ΔQ , переданного телу и соответствующего изменения его температуры ΔT . Зная массу тела, можно рассчитать удельную теплоемкость по формуле:

$$C_{y\partial} = \frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}. \quad (2)$$

Для непосредственного измерения количества теплоты, отданного или полученного телом с одновременным измерением его температуры, служат специальные приборы - *калориметры*. Калориметр является важнейшим прибором в физико-химических исследованиях. Он состоит (рис.1): из рабочей капсулы (цилиндра) **1** с исследуемым веществом **2** и внешней теплоизолирующей оболочки **3**. В капсуле помещается также термометр **4** и нагреватель **5** (электрическая спираль). Нагреватель используется для введения строго дозированного количества теплоты ΔQ в исследуемое вещество, а термометр измеряет соответствующее изменение температуры вещества ΔT , калориметр должен быть устроен так, чтобы тепло, выделяемое нагревателем, передавалось только исследуемому телу, а не терялось в окружающем пространстве. Для этого капсулу окружают оболочкой с малой теплопроводностью, а незначительные потери теплоты учитывают специальными способами. Такой калориметр называется *адиабатическим*.

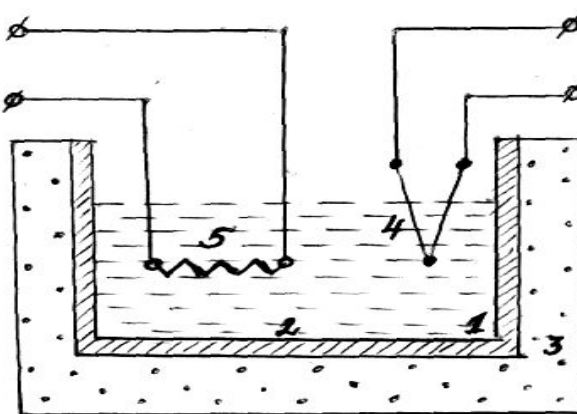


Рис. 1. Схематическое устройство адиабатического калориметра.

- 1 - капсула,
- 2 - исследуемое вещество,
- 3 - теплоизолирующая оболочка,
- 4 - термометр,
- 5 - электронагреватель.

Лабораторная установка и методика измерений

В настоящей работе определяется удельная теплоемкость жидкости. Используется дифференциальный метод, получивший широкое распространение благодаря простоте и точности измерений. Схематическое устройство дифференциального калориметра показано на рис. 2. Он состоит из двух одинаковых алюминиевых стаканчиков (капсул) 1 и 2. Капсула 1 заполняется исследуемой жидкостью (глицерин, спирт, масло и др.), а капсула 2 - эталонным веществом (дистиллированной водой). В каждой капсуле располагаются электрические нагреватели 3 и 4 и термодатчики 5 и 6. Нагреватели представляют собой спиральные проволоки с известным сопротивлением R . Нагрев жидкостей осуществляется пропусканием через нагреватели постоянного тока известной величины I некоторое время t . Количество теплоты, выделившейся в каждой капсуле, легко определяется по известной формуле $Q = 0,24 \cdot I^2 R t$. Эта теплота идет на нагрев жидкости и самой капсулы.

Если m_1 и m_2 - массы жидкостей в первой и второй капсуле, а C_1 и C_2 -

их удельные теплоемкости, то количество теплоты, расходуемое на нагрев жидкости равно:

$$Q_1 = C_1 m_1 \Delta T_1, \quad Q_2 = C_2 m_2 \Delta T_2, \quad (3)$$

где ΔT_1 , ΔT_2 - изменения температуры жидкости в первой и во второй капсулах соответственно.

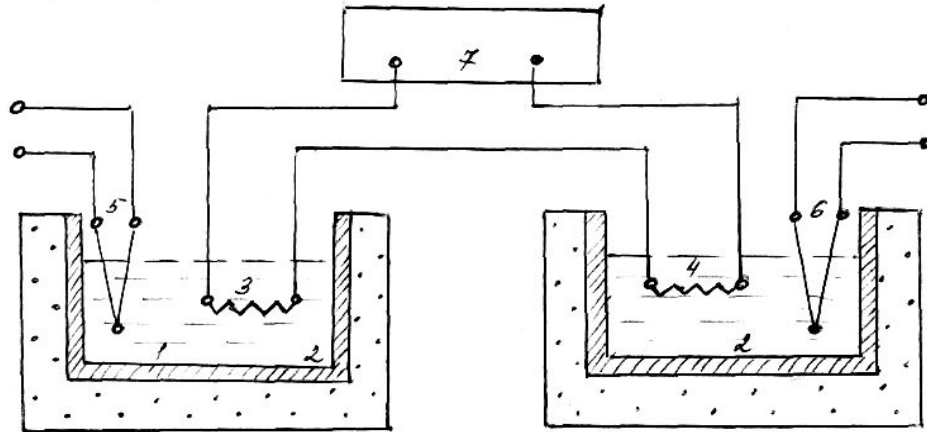


Рис. 2. Схематическое устройство дифференциального калориметра.

1 - капсула с исследуемой жидкостью, 2 - капсула с эталонной жидкостью, 3, 4 - электрические нагреватели, 5, 6 - термометры, 7 - источник питания.

Количество теплоты, затраченное на нагрев самих капсул, также легко подсчитать, если известны массы капсул M и их удельные теплоемкости C . Поскольку капсулы совершенно одинаковы, то их массы и удельные теплоемкости одинаковы. При нагреве капсулы принимают ту же температуру, что и жидкости, содержащейся в них. Следовательно, на нагрев первой капсулы и второй капсулы затрачено количество теплоты, равное

$$Q_1' = C M \Delta T_1 \quad \text{и} \quad Q_2' = C M \Delta T_2 \quad (4)$$

В процессе опыта нагреватели капсул соединяют последовательно и пропускают через них ток одинаковой силы одно и то же время. Поскольку сопротивления нагревателей совершенно одинаково, в каждой капсуле выделяется одинаковое количество теплоты. В первой капсуле выделяется:

$$Q_1^o = Q_1 + Q_1' = C_1 m_1 \Delta T_1 + C M \Delta T_1 \quad (5)$$

Во второй капсуле выделяется:

$$Q_2^{\circ} = Q_2 + Q_2' = C_2 m_2 \Delta T_2 + C M \Delta T_2 \quad (6)$$

Приравнявая эти выражения и произведя несложные алгебраические преобразования, получаем выражение для удельной теплоемкости исследуемой жидкости в капсуле 1:

$$C_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} C_2 + \frac{M}{m_1} \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) C_{Al} \quad (7)$$

Полученное выражение используется для экспериментального определения удельной теплоемкости исследуемой жидкости. Согласно приведенной формуле, нет необходимости измерять или рассчитывать количество теплоты, выделяемой в каждой капсуле, достаточно измерить изменения температуры ΔT_1 и ΔT_2 в первой и второй капсулах и знать массы исследуемой жидкости m_1 , эталонной жидкости m_2 и капсулы калориметра M , а также удельные теплоемкости эталонной жидкости C_2 и вещества капсулы C .

Порядок выполнения работы

1. Подготовить установку в работе. Для этого необходимо измерить массы M капсул калориметра путем взвешивания, залить в капсулу 1 известное количество исследуемой жидкости (ее массу можно определить взвешиванием), а в капсулу 2 залить известное количество дистиллированной воды. Затем соединить электрические нагреватели последовательно и подключить их к источнику питания (источник не включать в сеть!). Опустить нагреватели в жидкости, подготовить к работе секундомер. Подключить выводы к милливольтметрам. Измерить начальную температуру T_0 в капсулах.

2. Включить источник питания, установить заданный ток через нагреватель (2 А или 3 А) и проводить нагрев жидкостей в капсулах в течении заданного времени (5 мин. или 10 мин.). После этого выключить источник питания и измерить температуру жидкостей в капсулах T_1 и T_2 после нагрева. Полученные результаты занести в таблицу измерений.

3. После остывания с жидкостями дважды повторить опыт, используя другие токи и времена нагрева. Полученные результаты занести в таблицу измерений. Определить ошибки первичных измерений.

4. Рассчитать отношения масс m_2/m_1 и M/m_1 , а также вычислить $\Delta T_2 = T_2 - T_0$ и $\Delta T_1 = T_1 - T_0$, определить их отношение $\Delta T_2 / \Delta T_1$. Занести полученные данные в таблицу расчетов. Найти по справочнику удельные теплоемкости эталонной жидкости C_2 и вещества капсулы C , занести в таблицу измерений.

5. Используя формулу (7) вычислить удельную теплоемкость исследуемой жидкости для всех трех опытов и за истинное значение взять среднее арифметическое. Определить ошибки измерений и погрешности вычислений искомой теплоемкости.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение удельной теплоемкости вещества.
2. Какие методы определения теплоемкости вещества Вы знаете?
3. Какой метод измерения используется в настоящей работе?
4. Опишите устройство дифференциального калориметра.
5. Изложите порядок измерений и проведения вычислений.
6. Как определяется погрешности измерений и ошибки вычислений в настоящей работе?

Л и т е р а т у р а

1. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. М.: Наука, 1976.
 2. Булкин Л.С., Попова И.И. Общий физический практикум. Молекулярная физика. М.: 1988.
-

Рекомендуемый вид таблицы измерений

Капсула	Масса молекулы M , кг	Масса жидкости		Начальная температура T_0 , °C	Конечная температура	
		m_1 , кг	m_2 , кг		T_1 , °C	T_2 , °C
1.						
2.						

Таблица исходных данных

Опыт № п/п	Вещество капсулы	Удельная теплоемкость капсулы, C , Дж/кг·К	Вещество эталонной жидкости	Удельная теплоемкость эталонной жидкости, C_2 , Дж/кг·К	Ток нагревателя, А	Время нагрева, мин.
1.					2	5
2.					2,5	5
3.					3	5

Таблица расчетных данных

Опыт № п/п	m_2/m_1	M/m_1	ΔT_2 , °C	ΔT_1 , °C	$\Delta T_2/\Delta T_1$	C_1 , Дж/кг·К
1.						
2.						
3.						

Таблица ошибок измерений

Δm_1	Δm_2	ΔM	T_0	T_1	T_2	$\Delta m_2/\Delta m_1$	$\Delta M/\Delta m_1$	$\Delta T_2/\Delta T_1$	ΔC_1	$\Delta C_1/\Delta C_{1cp}$