

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО**(12) Описание изобретения**
К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2602233

(22) 20.02.2026

(46) Бюл. 232, 2026

(71) Сафаров М.М. (ТJ); Зарипов Дж.А. (ТJ);
Сафарзода П.М. (ТJ)(72) Сафаров М.М. (ТJ); Зарипов Дж.А. (ТJ);
Сафарзода П.М. (ТJ); Тиллоева Т.Р. (ТJ); Сафарзода
Ш.Р. (ТJ); Назруллозода А.С. (ТJ); Тургунбоев М.Т.
(ТJ); Абдуджалилзода Ф. (ТJ); Холиқзода М.М. (ТJ);
Мирзоева К. (ТJ); Абдуллоев М.А. (ТJ); Шерафган
Н.З. (ТJ)(73) Сафаров М.М. (ТJ); Зарипов Дж.А. (ТJ);
Сафарзода П.М. (ТJ)**(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ
ТЕПЛОЕМКОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ
ЖИДКОСТЕЙ И РАСТВОРОВ**

(56)

1. Патент Российской Федерации на изобретение
RU № 2649250
2. Авторское свидетельство СССР на изобретение
SU № 1516926
3. Патент Российской Федерации на изобретение
RU № 2655459
4. Малый патент Республики Таджикистан на
изобретение TJ № 1663

(57) Изобретение относится к теплофизике и может
быть применено при измерении удельной
теплоемкости наноструктурированных жидкостей и
растворов в автоматическом режиме.

Способ заключается в том, что определенное
количество исследуемого образца вливают в
нагреваемый элемент в виде U-образной трубки,
установленной в трубчатом резисторе и
размещенным в калориметре. Одни концы спаев
одной термопары вводят в измеряемую среду, другие

2

ее концы через тестер подключают к компьютеру.
Для сравнения и достоверности измерений одни
концы спаев другой термопары вводят сквозь
специально проделанные отверстия сбоку
калориметра и сквозь стенку U-образной трубки в
измеряемую среду, а другие ее концы подключают к
гальванометру. Затем с источника питания по цепи,
через ЛАТР и амперметр электрический ток и
напряжение подают к трубчатому резистору, плавно
увеличивая их до 0,5А и 50В и нагревают U-
образную трубку с исследуемым образцом. В ходе
нагревания образца тепловые сигналы посредством
первой термопары преобразовывают в электрические
и подают к мультиметру (тестеру). По истечении
каждого определенного промежутка времени
параметры электрических сигналов и температуру
исследуемой жидкости измеряют пошагово в
зависимости от времени до температуры ее кипения,
фиксируют на компьютере, обрабатывают при
помощи программы Excel и получают
соответствующие графики. Одновременно при
помощи гальванометра снимают и фиксируют
параметры электрических сигналов,
преобразованной второй термопарой. Данные
обрабатывают при помощи программы Excel,
получают соответствующие графики и по формуле

$$\Delta E = \alpha \Delta t,$$

где ΔE – разность потенциалов, Δt – разность
температур, α – коэффициент термоэлектрический,
вычисляют удельную теплоемкость жидкого
исследуемого образца.

Изобретение относится к теплофизике и может быть применено при измерении удельной теплоемкости наноструктурированных жидкостей и растворов в автоматическом режиме, а также послужить в качестве учебного пособия для студентов, преподавателей и ученых, изучающих теплофизические свойства растворов.

Известен способ [1], включающий серию измерений теплоемкости материалов по схеме адиабатического калориметра.

Недостатки:

- данный способ требует длительного времени для установления адиабатических условий и теплового равновесия, что снижает оперативность проведения измерений;

- точность результатов существенно зависит от степени теплоизоляции калориметра и стабильности внешних условий, что затрудняет получение воспроизводимых данных;

- способ, как правило, предполагает ручную фиксацию и обработку результатов измерений, что увеличивает влияние субъективного фактора оператора.

Указанные особенности ограничивают возможность автоматизации процесса измерения и снижают эффективность применения метода при исследовании наноструктурированных жидкостей и растворов.

Другим аналогом является способ измерения теплоемкости посредством дифференциального калориметра [2], включающего две калориметрические ячейки, размещенные внутри температуровыравнивающего блока и отделенные от него равными тепловыми сопротивлениями, снабженными измерителями перепадов температур по тепловым сопротивлениям, включенными встречно, и источниками электрической мощности. Способ состоит в том, что проводят два испытания, помещая в одну из ячеек последовательно эталонный и исследуемый образцы. К ячейкам подводят равные мощности и регистрируют изменение во времени разности температур ячеек после прекращения подвода мощности. Дополнительно регистрируют изменение во времени разности температур ячеек в процессе подвода к ним мощности

Недостатки:

- сложность экспериментальной процедуры, связанная с необходимостью проведения двух последовательных испытаний с эталонным и исследуемым образцами, что увеличивает продолжительность измерений и снижает их оперативность;

- точность определения теплоёмкости в значительной степени зависит от идентичности тепловых сопротивлений и симметричности калориметрических ячеек, достижение которых на практике затруднено;

- имеет место чувствительность к нестабильности подводимой электрической мощности, поскольку даже незначительные отклонения приводят к искажению разности температур ячеек;

- регистрация температурных разностей после прекращения подвода мощности и в процессе нагрева усложняет обработку экспериментальных данных и ограничивает возможности автоматизации измерений, что снижает эффективность применения способа при исследовании наноструктурированных жидкостей и растворов.

В качестве прототипа выбран способ измерения теплоемкости материалов [3] посредством дифференциального калориметра, включающего две калориметрические ячейки, размещенные внутри общего теплоизолирующего корпуса, снабженные измерителями температуры, измерителем перепада температуры и источниками электрической мощности. Способ заключается в том, что в одну из ячеек помещают исследуемый образец и измеряют температуру в каждой из ячеек в процессе их нагрева. Предварительно определяют теплоемкость каждой ячейки без образца, для чего на имеющиеся одинаковую температуру ячейки подают некоторое количество энергии, регистрируют температуру ячеек при достижении ими теплового равновесия и определяют их теплоемкость, помещают в одну из ячеек образец, на каждую ячейку, с учетом их теплоемкости, подают энергию, необходимую для ее нагрева на заданную величину, а на ячейку, содержащую образец, подают дополнительную энергию до выравнивания температур ячеек и определяют удельную теплоемкость образца.

Недостатки:

- сложность и многоэтапность процедуры измерения, включающей предварительное определение теплоёмкости каждой калориметрической ячейки, а также последующую подачу дополнительной энергии для выравнивания температур, что увеличивает продолжительность эксперимента и усложняет его реализацию;

- точность определения удельной теплоёмкости в значительной степени зависит от идентичности тепловых характеристик калориметрических ячеек и стабильности источников электрической мощности, что на практике трудно обеспечить;

- измерение температуры осуществляется опосредованно через калориметрические ячейки, а не непосредственно в исследуемом образце, что может приводить к дополнительным погрешностям, особенно при исследовании жидких и наноструктурированных сред.

Указанные особенности ограничивают возможность полной автоматизации процесса измерения и снижают эффективность применения прототипа при исследовании наноструктурированных жидкостей и растворов.

Целью является разработка упрощенного способа, позволяющего наиболее точно измерять удельные теплоемкости наноструктурированных жидкостей и растворов, причем в автоматическом режиме.

Поставленная цель достигается при помощи специально созданного устройства [4], содержащего, калориметр, исследуемый образец и электронно-вычислительное устройство. В цепи последовательно

подключены источник питания, лабораторный автотрансформатор (ЛАТР), амперметр и калориметр с резистором внутри, в полости которого установлена U-образная трубка, наполненная жидким исследуемым образцом (наноматериалом) с погруженными в него одних концов спаев одной термопары. Другие концы термопары присоединены к мультиметру (тестеру), подключенному к компьютеру. Сбоку, сквозь стенку калориметра, во внутрь U-образной трубки в измеряемую среду введены спаи другой термопары, подключенной к гальванометру. При этом к ЛАТРу отдельно подключен вольтметр.

Заявляемое техническое решение поясняется следующими графическими изображениями:

на Фиг. 1 изображен график зависимости ЭДС от температуры $E = f(\Delta t)$, где E - напряжение, f - функция, Δt - разность температур,

на Фиг. 2 - график зависимости ЭДС (E , мВ) от времени (τ , секунды) для чистой воды,

на Фиг. 3 - график зависимости изменения температуры пустого калориметра и наполненного исследуемым материалом от времени, где линия 1- пустой калориметр, линия 2- калориметр, заполненный исследуемым материалом,

на Фиг. 4 - график зависимости удельной теплоемкости водного раствора диметилкетона (C_p) от температуры (T , К),

на Фиг. 5 - график зависимости массы диметилкетона от концентрации водного раствора диметилкетона: Образец №1 - H_2O ; Образец №2 - (50 мл H_2O + 0,5 г порошка диметилкетона); Образец №3 - (50 мл H_2O + 1 г порошка диметилкетона); Образец №4 - (50 мл H_2O + 1,5 г порошка диметилкетона); Образец №5 - (50 мл H_2O + 2,5 г порошка диметилкетона); Образец №6 - (50 мл H_2O + 1,5 г порошка диметилкетона); Образец №7 - (50 мл H_2O + 3 г порошка диметилкетона);

Способ осуществляется следующим образом.

На аналитических весах взвешивают определенное количество исследуемого образца и при помощи шприца вливают в U-образную трубку, установленную в трубчатом резисторе. Одни концы спаев первой термопары вводят через горловину данной трубки, а другие ее концы через тестер подключают к компьютеру.

Для сравнения и достоверности измерений одни концы спаев другой термопары вводят сквозь специально проделанные отверстия сбоку калориметра и сквозь стенку U-образной трубки в измеряемую среду, а другие ее концы подключают к гальванометру.

Затем с источника питания по цепи, через ЛАТР и амперметр электрический ток подают к трубчатому резистору, при помощи которого нагревают находящуюся в нем U-образную трубку с исследуемым образцом. При этом с помощью амперметра и под контролем вольтметра электрический ток и напряжение плавно увеличивают до 0,5А и 50В.

В ходе нагревания образца образуются тепловые сигналы, которые посредством первой термопары преобразовывают в электрические и

подают к мультиметру (тестеру), подключенному к компьютеру. По истечении каждого определенного промежутка времени параметры указанных электрических сигналов фиксируют на компьютере и обрабатывают при помощи программы Excel и получают соответствующие графики. При этом температуру исследуемой жидкости измеряют пошагово в зависимости от времени до температуры ее кипения.

Одновременно при помощи гальванометра снимают и фиксируют другие параметры электрических сигналов, преобразованной второй термопарой. Далее, полученные данные обрабатывают на компьютере при помощи программы Excel и получают соответствующие графики.

Далее, по следующей общеизвестной формуле вычисляют удельную теплоемкость жидкого исследуемого образца:

$$\Delta E = \alpha \Delta t \quad (2),$$

где

ΔE - разность потенциалов, Δt - разность температур, α - коэффициент термоэлектрический.

Исследования проводились в течение двадцати минут при температуре 22°C, давлении 0,101Мпа и при температуре дистиллированной воды 21°C (10г H_2O) (Таблица 1 и 2, Фиг. 1).

На Фиг. 1 видно, что в обоих случаях получены близкие значения.

Опираясь на Фиг. 1 выведено уравнение зависимости ЭДС от времени:

$$E = 0,003\tau^2 + 0,1161\tau - 0,5634, \text{ (мВ)} \quad (3),$$

где E - напряжение, τ - время

Производное уравнение (3) исследуемого образца рассчитано с погрешностью не более 1 %.

Исходя из Фиг. 2 и выражения (2) получаем формулу зависимости ЭДС от времени:

$$E = -0,0002\tau^2 + 0,2972\tau - 1,5814, \text{ (мВ)} \quad (4),$$

Полученное уравнение ЭДС образца (4) рассчитано с погрешностью не более 1,9%.

Для доказательства уравнений 3 и 4 проведем исследование жидкого порошка диметилкетона и дистиллированной воды (0,2 г диметилкетона + 50 мл чистой воды).

Для получения удельной теплоёмкости исследуемых материалов на сжатие в калориметре с помощью компьютера строим график зависимости изменения температуры пустого калориметра и калориметра с исследуемым материалом от времени (Фиг. 3), где линия 1- пустой калориметр, линия 2- калориметр, заполненный исследуемым материалом (данные из таблиц 1 и 2).

Числовое значение абсолютного изменения температуры в зависимости от изменения времени, получено из Фиг. 3 и рассчитано по следующей формуле:

$$C_p = \frac{U^2 \Delta \tau}{R * m * \Delta T}, \frac{Дж}{(кг * К)} \quad (5),$$

где

U - напряжение источника тока (В); R - сопротивление нагревателя (Ом); m - общая масса

исследуемого материала (г), ΔT – разность времени, ΔT – разность температур.

Подставляя численное значение величин в формулу (5), находим численное значение удельной теплоемкости жидкости материалов (таблица 3).

Пример. Образец № 1 – H_2O ; Образец № 2 – (50 мл H_2O + 0,5г. порошка диметилкетона); Образец №3 – (50 мл H_2O + 1г. порошка диметилкетона); Образец № 4 – (50 мл H_2O + 1,5г. порошка диметилкетона); Образец № 5 – (50 мл H_2O + 2,5г. порошка диметилкетона); Образец №6 – (50 мл H_2O + 1,5г. порошка диметилкетона); Образец №7 – (50 мл H_2O + 3г. порошка диметилкетона);

На основе полученных данных из таблицы 3 построен соответствующий график (Фиг. 4), где видно, что удельная теплоемкость водного раствора

диметилкетона в зависимости от температуры сначала незначительно снижается, а затем возрастает, т.е. масса диметилкетона зависит от массы и концентрации воды (Таблица 4).

Результаты таблицы 4 представлены на Фиг. 5, откуда уравнение концентрации водного раствора диметилкетона выведено следующим образом:

$$n = -0,0002m^2 + 0,0011m + 0,0101, \text{ кг/моль} \quad (5)$$

где n – молярная масса растворов, m – масса порошка диметилкетона.

Результирующее уравнение исследуемого образца (5) рассчитано с погрешностью не более 0,2 %.

Формула изобретения

Способ измерения удельной теплоемкости наноструктурированных жидкостей и растворов, включающий проведение измерений посредством подключенного к электрическому источнику калориметра, внутри теплоизолирующего корпуса которого установлен нагреваемый элемент с исследуемым образцом, подачу электроэнергии, измерение температуры в процессе нагрева исследуемого образца с использованием измерителей и ее регистрацию, **отличающийся тем, что** определенное количество исследуемого образца вливают в нагреваемый элемент в виде U-образной трубки, установленной в трубчатом резисторе, в качестве измерителей температуры используют термопары, одни концы спаев одной термопары вводят в измеряемую среду, находящуюся в данной трубке, другие ее концы через тестер подключают к компьютеру, для сравнения и достоверности измерений одни концы спаев другой термопары вводят сквозь специально проделанные отверстия сбоку калориметра и сквозь стенку U-образной трубки в измеряемую среду, а другие ее концы подключают к гальванометру, затем с источника питания по цепи, через ЛАТР и амперметр электрический ток подают к трубчатому резистору, нагревают U-образную трубку с исследуемым

образцом, с помощью амперметра и под контролем вольтметра электрический ток и напряжение плавно увеличивают до 0,5А и 50В, в ходе нагревания образца тепловые сигналы посредством первой термопары преобразовывают в электрические и подают к мультиметру (тестеру), по истечении каждого определенного промежутка времени параметры электрических сигналов и температуру исследуемой жидкости измеряют пошагово в зависимости от времени до температуры ее кипения, фиксируют на компьютере, обрабатывают при помощи программы Excel и получают соответствующие графики, одновременно при помощи гальванометра снимают и фиксируют параметры электрических сигналов, преобразованных второй термопарой, полученные данные обрабатывают на компьютере при помощи программы Excel, получают соответствующие графики и по формуле

$$\Delta E = \alpha \Delta t,$$

где ΔE – разность потенциалов, Δt – разность температур, α – коэффициент термоэлектрический, вычисляют удельную теплоемкость жидкого исследуемого образца.

Таблица 1

Показания, снятые с помощью гальванометра

№ п/п	τ , время	t, °C	E, мВ (градуировка)
1	5	21	0
2	7	32	0,5
3	9	41	0,8
4	11	46	1
5	13	62	1,5
6	15	66	1,8
7	17	76	2,2
8	19	90	2,8
9	21	100	3,2

Таблица 2

Показания, снятые с помощью мультимера (тестера) и выведенные компьютером автоматически

№ п/п	τ , сек	E, мВ	t, °C воды	U, мВ (градуировка)
1	5	27	28	0
2	7	30	34	0,4
3	9	40	44	1
4	11	50	52	1,6
5	13	60	63	2,3
6	15	70	73	3
7	18	80	81	3,6
8	22	88	90	4
9	26	98	100	4,1

Таблица 3

Зависимость удельной теплоёмкости растворов диметилкетона от температуры при атмосферном давлении

T, K	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5	Образец №6	Образец №7
303	4190,2	4194,4	4287,6	3714,9	5324,9	5866,6	4823,8
313	4140,3	4194,2	4220,3	3449,6	5105,5	5292,1	4019,4
323	4109,4	4373,6	4189,8	3556,1	5103,8	5070,4	4135,4
333	4031,5	4277,5	4194,9	3587,4	4938,6	5504,3	4004,2

Таблица 4

Масса диметилкетона в зависимости от концентрации (H₂O)

Диметил-кетон	Образец №1 (50 _{мл.} H ₂ O)	Образец №2 (50 _{мл.} H ₂ O + 0,5 _{г.} дим.)	Образец №3 (50 _{мл.} H ₂ O + 1 _{г.} дим.)	Образец №4 (50 _{мл.} H ₂ O + 1,5 _{г.} дим.)	Образец №5 (50 _{мл.} H ₂ O + 2,5 _{г.} дим.)	Образец №6 (50 _{мл.} H ₂ O + 1,5 _{г.} дим.)	Образец №7 (50 _{мл.} H ₂ O + 3 _{г.} дим.)
m*10 ⁻³ , кг	0,2	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3
n, *10 ⁻³ , кг/мол	0,0101	0,01058	0,01104	0,01115	0,01133	0,01141	0,01142

Компьютерный набор: Газиев М.

Заказ
Национальный патентно-информационный центр РТ 734042, г. Душанбе, ул. Айни, 14а

Тираж

Подписное