

Министерство образования Республики Беларусь

*Учреждение образования*

«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»

**ОБЩАЯ ХИМИЯ.**  
**ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**  
*Практикум*

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Минск 2008

## Работа 4. Определение теплоты растворения соли

**Цель работы:** овладеть основами техники калориметрических измерений на примере простейшего калориметрического эксперимента для измерения теплового эффекта процесса растворения соли в воде.

**Приборы и реактивы:** калориметр растворения, термометр, мерный цилиндр, теххимические весы, секундомер, сухая пробирка, вещество (соль или щелочь) – по указанию преподавателя, миллиметровая бумага.

### Форма протокола

1. Формула растворяемого вещества: \_\_\_\_\_
2. Молярная масса растворяемого вещества:  $M =$  \_\_\_\_\_ г/моль
3. Масса пустой пробирки  $m_0 =$  \_\_\_\_\_ г
4. Масса пробирки с веществом  $m_1 =$  \_\_\_\_\_ г
5. Масса пустой пробирки *после проведения опыта*  $m_2 =$  \_\_\_\_\_ г
6. Навеска растворенного вещества  $m = m_1 - m_2 =$  \_\_\_\_\_ г
7. Объем дистиллированной воды  $V =$  \_\_\_\_\_ см<sup>3</sup>
8. Масса раствора  $m_p =$  \_\_\_\_\_ г
9. Постоянная калориметра,  $K =$  \_\_\_\_\_ Дж/К
10. Теплоемкость калориметрической системы  $g =$  \_\_\_\_\_ Дж/К
11. Скачок температуры процессе растворения вещества  $\Delta T =$  \_\_\_\_\_ К

Таблица. Показания термометра в ходе опыта.

Время т, мин	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Температура t, °C															

7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0

12.График

13. Вычисление  $\Delta H^\circ_{\text{растворения}}$  процесса растворения по экспериментальным данным.

14. Вычисление  $\Delta H^\circ_{\text{растворения}}$  процесса растворения по справочным данным.

15. Абсолютная погрешность  $\Delta = \underline{\hspace{2cm}}$  кДж/моль

16. Относительная погрешность  $\delta = \underline{\hspace{2cm}}$  %.

Совокупность методов измерения тепловых эффектов, сопровождающих различные химические и фазовые процессы, называется калориметрией. Тепловые эффекты химических реакций определяют в специальных приборах – калориметрах. В настоящее время для измерения тепловых эффектов различных процессов применяются калориметры самых разнообразных конструкций. Соответствующую конструкцию выбирают в зависимости от характера процесса, величины теплового эффекта, требуемой точности.

Для измерения теплового эффекта используется калориметрическая установка, изображенная на рис. 4.

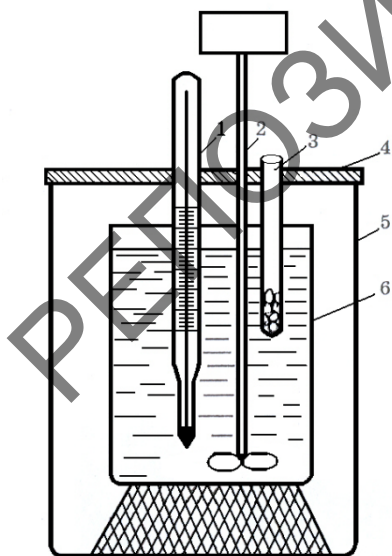


Рис. 4. Калориметрическая установка: 1 – термометр; 2 – мешалка, 3 – пробирка с исследуемым веществом; 4 – крышка калориметра; большой (внешний) стакан; 6

Она состоит из двух калориметрических стаканов, внешнего и реакционного. В реакционный стакан заливается растворитель – строго определенное количество дистиллированной воды. В крышке калориметра имеются отверстия, куда вставляется пробирка с исследуемым веществом и

термометр. Калориметр снабжен мешалкой, работающей от электродвигателя, укрепленного на стойке штатива

При проведении опыта необходимо определить скачок температуры  $\Delta T$  при растворении соли в воде (см. рис. 5).

Калориметрический опыт делится на три периода. В первом, или предварительном периоде, регистрируется температурный ход калориметрической системы во времени (в калориметрическую систему входят стакан с водой, куда опущена пробирка с исследуемым веществом, термометр и мешалка). В условиях данного эксперимента (благодаря устройству калориметра – прослойке воздуха между внешним и внутренним стаканами) теплообмен калориметрической системы с окружающей средой невелик, температура во времени изменяется мало. Продолжительность предварительного периода может быть различной, в данной работе – не менее 5 минут.

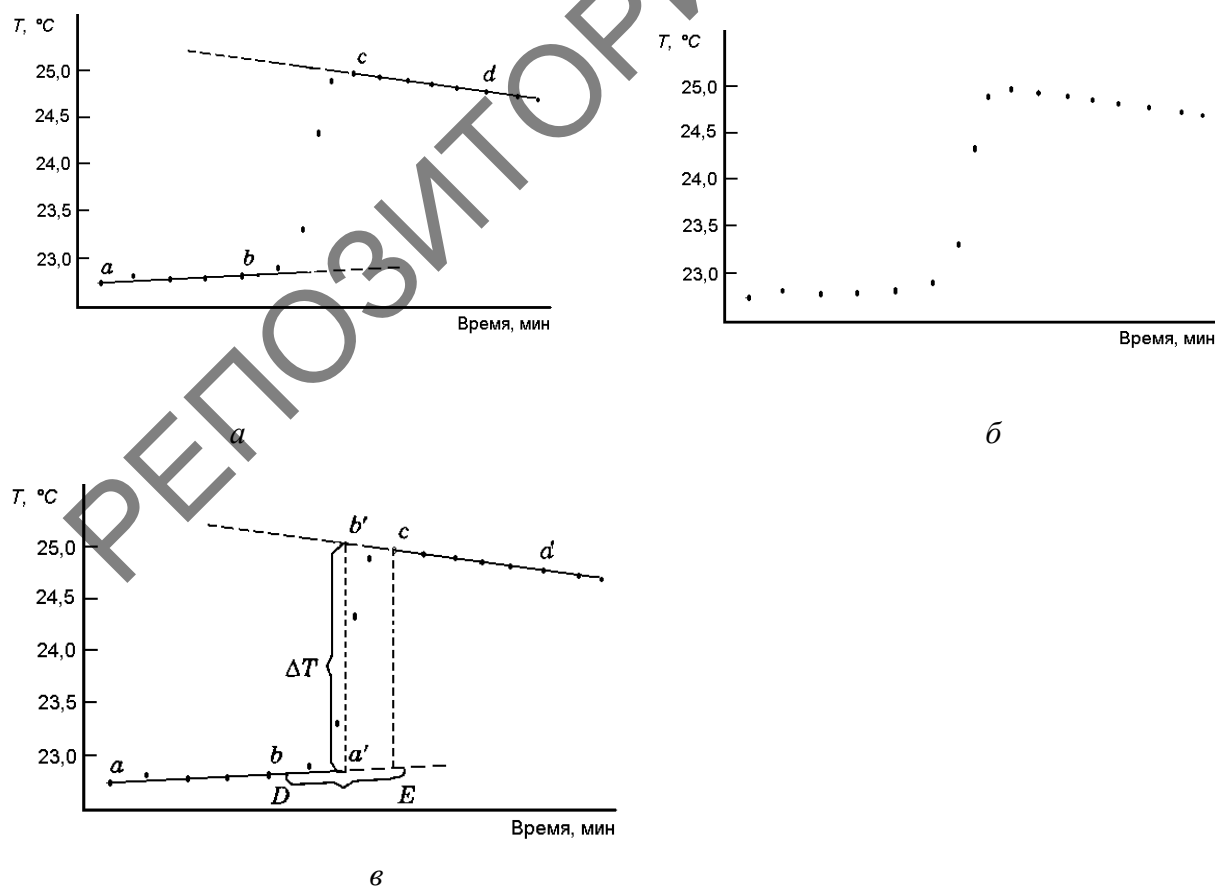


Рис. 5. Вид графической зависимости изменения калориметрического опыта температуры во времени.

Второй, главный период – когда исследуемое вещество высыпается в воду, растворяется, при этом происходит резкое изменение температуры по отношению к начальному периоду за счет теплового эффекта процесса растворения. Продолжительность главного периода зависит от природы растворяемого вещества и условий эксперимента. Начало главного периода легко зафиксировать – это момент высыпания вещества в воду, конец главного периода определяется экспериментально: когда температура во времени перестает резко изменяться.

Затем начинается заключительный (конечный) период – происходит выравнивание температуры (повышение или понижение ее по сравнению с главным периодом в зависимости от характера процесса) (*как именно?*). Продолжительность конечного периода также должна быть не менее 5 минут.

Графическая зависимость температуры калориметрического опыта во времени показана на рис. 5в. Участок  $ab$  соответствует изменению температуры в начальном периоде,  $cd$  – в конечном; отрезок  $a'b'$  - изменение температуры за счет теплового эффекта исследуемого процесса.

Изменение температуры  $\Delta T$  в процессе растворения определяют графически, нанося полученные данные на график зависимости температуры от времени.

### Описание работы

1. Взвесьте чистую сухую пробирку, результат внесите в протокол (пункт 3)
2. В этой пробирке взвесьте 2 г вещества, указанного преподавателем. Результат сразу запишите в протокол работы (пункт 4).
3. Отмерьте мерным цилиндром 200 мл дистиллированной воды, перелейте ее во внутренний стакан калориметра.
4. Закройте калориметр крышкой, поместите в соответствующие отверстия в крышки термометр и пробирку с взвешенным веществом. Термометр не берите за нижнюю часть (резервуар со ртутью) (*почему?*)

5. Включите мешалку. Необходимо проследить, чтобы мешалка при вращении не задевала ни термометр, ни пробирку. Если пробирка и/или термометр мешают работе мешалки, поменяйте их положение.
6. В течение 5 - 10 минут показания термометра не записывайте, это время необходимо для того, чтобы все части калориметра приняли одинаковую температуру. Учтите, что мешалка должна работать с этого момента без перерыва до окончания опыта. За это время вычислите  $\Delta H^{\circ}_{298}$  процесса растворения заданного вам вещества, используя справочные данные.
7. По истечении этих 10 минут начните отсчет времени, показания термометра фиксируйте каждые 30 секунд (см. таблицу). Если в какой-то момент времени температура не зафиксирована, в соответствующей ячейке необходимо поставить прочерк, следующее показание термометра отмечайте в следующий момент времени в соответствии с таблицей. В течение первых пяти минут температура практически не меняется (предварительный период).

На пятой минуте от начала опыта отметьте температуру, затем пробирку с веществом быстро выньте из отверстия в крышке калориметра, вещество через это отверстие пересыпьте в воду, пустую пробирку сразу же верните на прежнее место – в отверстие в крышке калориметра. Температура в этот момент начинает резко изменяться (главный период).
8. С момента введения соли продолжайте записывать показания термометра каждые 30 секунд. После окончания резкого изменения температуры (т.е. окончания главного периода) регистрируйте температуру еще в течение 5÷7 минут (весь эксперимент длится не менее 15 минут).
9. Выключите мешалку, извлеките из прибора пробирку, протрите ее снаружи насухо фильтровальной бумагой, взвесьте, запишите ее массу в п. 5 протокола.
10. Данные таблицы нанесите на график, определите скачок температуры  $\Delta T$  (К). Для этого на график нанесите все точки в соответствии с данными таблицы (рис. 5а). Затем проведите две прямые: одну по точкам

начального периода (до той минуты, когда высыпали вещество в воду, в большинстве случаев это пятая минута); вторую по точкам заключительного периода, т. е. по тем точкам после растворения вещества, когда прекратилось резкое изменение температуры, вызванное растворением вещества (см. рис. 5б).

**11.** Наблюдаемый тепловой эффект  $Q$  процесса растворения навески исследуемого вещества вычисляют по формуле

$$Q = g\Delta T, \quad (1)$$

где  $g$  – теплоемкость калориметрической системы, Дж/К.

Эта величина складывается из теплоемкости раствора и теплоемкостей частей калориметра, контактирующих с калориметрической жидкостью

$$g = Cm_p + K, \quad (2)$$

где  $C$  – удельная теплоемкость раствора (т.к. масса растворимого вещества намного меньше массы растворителя, то теплоемкость раствора при 25°C можно считать равной теплоемкости воды ( $C = 4,18$  Дж/(г·К));

$m_p$  – масса раствора, г

$K$  – постоянная калориметра, Дж/К (определена предварительными исследованиями, значение ее следует узнать у преподавателя)

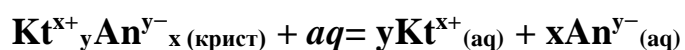
Постоянная калориметра  $K$  – это количество теплоты, которое необходимо, чтобы нагреть калориметр с его содержимым на один градус. Эту теплоту не вычисляют, а определяют экспериментально по теплоте растворения стандартного (эталонного) вещества, одним из которых является KCl.

**12.** Изменение энтальпии процесса на основании экспериментальных данных вычисляют по формуле:

$$\Delta H^\circ_{\text{растворения}} = Q/n(X), \text{ Дж/моль} \quad (3)$$

где  $n(X)$  – химическое количество растворяемого вещества (моль), которое легко вычислить исходя из массы навески и молярной массы вещества.

13. Изменение энтальпии процесса на основании справочных данных вычисляют по уравнению процесса растворения сильного электролита, которое в общем виде можно отобразить как:



14. Сопоставьте экспериментально полученную величину  $\Delta H^\circ_{\text{растворения}}$  с рассчитанной по первому следствию из закона Гесса: вычислите абсолютную и относительную погрешности опыта.

РЕПОЗИТОРИЙ БГУПУ