

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ*

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра физической и органической
химии

**Калориметрические измерения с использованием установки и
программы «Эксперт 001»**

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
по физической химии
для студентов 2 курса специальности 020101-Химия

Курган 2005

Кафедра: "Физической и органической химии"

Дисциплина: "Физическая химия"

Составители: канд. хим. наук доцент кафедры ФОХ Филистеев Олег Владимирович
ассистент кафедры ФОХ Криштоп Анастасия Валерьевна

Утверждены на заседании кафедры " 24 " марта _____ 2005 г.

Рекомендованы методическим
советом университета " _____ " _____ 2005 г.

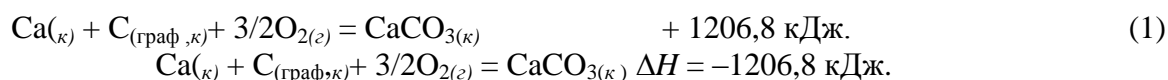
Глава 1. ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

1.1. Теоретическая часть

Раздел химии, изучающий тепловые эффекты химических реакций, называется *термохимией*. Все химические процессы сопровождаются выделением или поглощением теплоты. Реакции, сопровождающиеся выделением теплоты из системы в окружающую среду, называются *экзотермическими*, сопровождающиеся поглощением теплоты из окружающей среды, называются *эндотермическими*. Тепловой эффект реакции, измеренный при постоянных температуре и давлении, называется *теплотой* реакции Q_p , а противоположная ему по знаку величина, описывающая изменение состояния системы в результате протекания реакции, *энтальпией реакции* $\Delta_r H$.

В качестве основной единицы измерения теплоты в системе СИ установлен джоуль. В качестве единицы измерения теплоты встречается также калория, равная 4,184 Дж. В настоящее время она сохраняется как внесистемная единица для сравнения результатов современных работ с экспериментальными и справочными данными, накопленными за многие предыдущие годы.

Для описания тепловых явлений в химических реакциях принято пользоваться так называемыми *термохимическими уравнениями*. Термохимические уравнения записываются как обычные уравнения химических реакций, но с указанием величины и знака теплового эффекта реакции. В случае экзотермических реакций с правой стороны уравнения отмечают количество выделившейся теплоты со знаком "плюс", а в случае эндотермических реакций — количество поглощенной теплоты со знаком "минус". При этом у формулы каждого вещества индексом указывается его физическое состояние: газообразное (г), жидкое (ж), кристаллическое (к) или раствор (р-р). Существует *термодинамический* способ записи термохимических уравнений — когда в самом уравнении тепловой эффект не указывается, а изменение энтальпии реакции (ΔH) записывается отдельно. Пример записи термохимического уравнения реакции образования карбоната кальция из простых веществ обоими способами:



В данной реакции $Q > 0$, соответственно, $\Delta H < 0$, реакция является экзотермической.

Реакции, в которых образуется 1 моль вещества из соответствующих ему простых веществ, взятых в определенном состоянии (как правило, наиболее устойчивом при данной температуре и нормальном давлении), называются *реакциями образования* этого вещества, а тепловые эффекты или энтальпии им соответствующие называются соответственно *теплотами* или *энтальпиями образования*. Например, вышеприведенная реакция представляет собой реакцию образования кристаллического карбоната кальция, а ее теплота и энтальпия равны теплоте и энтальпии образования этого вещества. Экспериментально определенные энтальпии образования табулированы и обобщены в термодинамических таблицах и отнесены к *стандартным* условиям: температуре 25°C (273,9815 К) и давлению 1 атм.

Расчеты тепловых эффектов химических реакций основаны на применении закона Гесса (1836 г.): **Тепловой эффект химической реакции при постоянном давлении и объеме,**

не зависит от способа ее проведения, а зависит лишь от начального и конечного состояния реагирующих веществ.

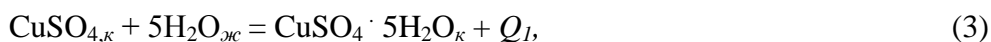
Например, растворение безводного сульфата меди:



$$\Delta H = -Q.$$

можно представить в виде суммы двух последовательно протекающих процессов:

1. Образование из $\text{CuSO}_{4,к}$ и воды кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_к$:



где $\Delta H_1 = -Q_1$.

2. Растворение кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_к$,
3. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_к + (n - 5)\text{H}_2\text{O}_{жс} = \text{CuSO}_{4,р-р} + Q_2$, (4)

где $\Delta H_2 = -Q_2$.

Тогда, согласно закону Гесса, тепловой эффект или энтальпия растворения безводной соли (2) должны численно равняться сумме теплот или энтальпий образования кристаллогидрата (3) и его растворения (4):

$$Q = Q_1 + Q_2. \quad (5)$$

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2. \quad (6)$$

Значения теплоты растворения безводной соли Q и кристаллогидрата Q_2 известны и составляют 66,11 и $-11,5$ кДж соответственно. Тогда тепловой эффект реакции образования кристаллогидрата может быть рассчитан по формуле:

$$Q_1 = Q - Q_2 = 66,11 \text{ кДж} - (-11,51 \text{ кДж}) = 77,69 \text{ кДж}, \quad (7)$$

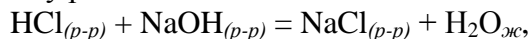
соответственно энтальпия равна $\Delta H_1 = -77,69$ кДж.

Реакция образования кристаллогидрата является экзотермической.

Наиболее важное для практики следствие закона Гесса: - *энтальпия химической реакции равна разности между суммой энтальпий образования продуктов реакции минус и суммой энтальпий образования исходных веществ (реагентов).*

$$\Delta_r H = \sum \Delta_f H_{\text{прод}} - \sum \Delta_f H_{\text{исх.в-в}}. \quad (8)$$

Например, значение энтальпии реакции между растворами сильной кислоты и сильного основания может быть получено по табличным данным энтальпий образования исходных веществ, если представить эту реакцию:



может быть получено по табулированным энтальпиям образования в виде реакций между ионами, поскольку эта реакция в действительности является реакцией между ионами H^+ и OH^- :



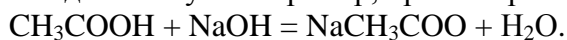
Уравнение (9) - это уравнение реакции нейтрализации. Оно справедливо для всех реакций между сильной кислотой и сильным основанием, а следовательно и энтальпия этих реакций одна и та же.

Табличные значения энтальпий образования ($\Delta_f H^0_{298}$) ионов H^+ и OH^- и молекулы $\text{H}_2\text{O}_{жс}$ известны и соответственно равны 0, $-229,94$ и $-285,84$ кДж/моль, соответственно. Тогда, по формуле (8) тепловой эффект реакции нейтрализации:

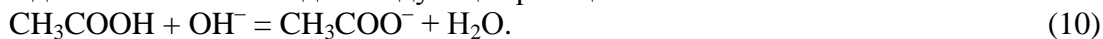
$$\Delta_r H^0 = \Delta_f H(\text{H}_2\text{O}_{жс}) - \Delta_f H(\text{H}^+_{р-р}) - \Delta_f H(\text{OH}^-_{р-р}) =$$

$$-285,84 - (-229,94) = -55,9 \text{ кДж/моль.}$$

При нейтрализации слабой кислоты сильным основанием или сильной кислоты слабым основанием тепловой эффект реакции будет зависеть от того, какая слабая кислота или слабое основание вступает в реакцию. (Другими словами от природы этих веществ). Это связано с тем, что слабые кислоты и основания существуют в растворах преимущественно в виде молекул. Например, при нейтрализации уксусной кислоты щелочью:



в действительности идет следующая реакция:

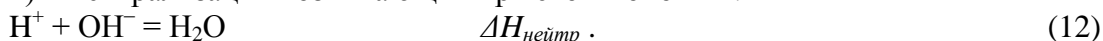


которой соответствует энтальпия $\Delta_r H$, не равная энтальпии взаимодействия ионов водорода и гидроксид-иона (9), при нейтрализации сильной кислоты сильным основанием. В то же время реакцию (10) можно представить в виде суммы двух процессов:

1) диссоциации кислоты



2) и нейтрализации возникающих при этом ионов H^+ :



Тогда, по закону Гесса, энтальпия ее равна сумме энтальпий этих реакций:

$$\Delta H_{\text{реакции}} = \sum \Delta H_{\text{дис}} + \sum \Delta H_{\text{нейтр}}. \quad (13)$$

Следовательно, если известны энтальпии реакций нейтрализации сильной кислоты сильным основанием и слабой кислоты сильным основанием, то по этим данным можно найти энтальпию реакции диссоциации слабой кислоты:

$$\Delta H_{\text{дис}} = \Delta H_{\text{нейтр}} - \Delta H_{\text{реакции}}. \quad (14)$$

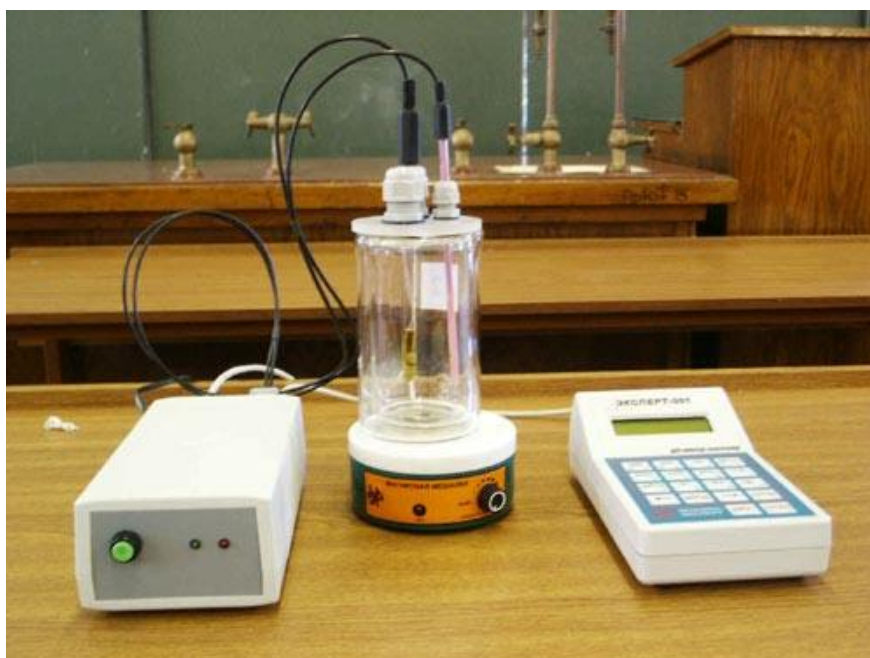


Рис. 1. Общий вид используемой калориметрической установки

Экспериментально тепловые эффекты химических реакций определяют в специальных приборах - калориметрах. Используемая в настоящей работе калориметрическая установка, представлена на рис. 1. Она состоит из калориметрического стакана (схематическое изображение калориметрического стакана приведено на рис. 2.) объемом 400 мл, сделанного по типу сосуда Дьюара, в который помещен сердечник магнитной мешалки. Стакан закрывается пластмассовой крышкой, имеющей три отверстия: одно - для небольшой воронки, второе - для помещения датчика температуры, позволяющего регистрировать температуру с точностью до сотых долей градуса, и третье - для нагревателя, имеющего точно известное электросопротивление. Отверстия в крышке снабжены зажимами, позволяющими надежно закреплять на необходимой высоте

нагреватель и датчик температуры. Высота крепления нагревателя и датчика температуры определяется так, чтобы сердечник магнитной мешалки не задевал за них при работе.

Кроме того, в состав калориметрической установки входит магнитная мешалка, блок питания нагревателя и магнитной мешалки, измерительный преобразователь ЭКСПЕРТ-001-3. Калориметрическая установка может работать в ручном режиме или с компьютером. При работе в ручном режиме значения температуры выдаются на дисплей измерительного преобразователя ЭКСПЕРТ-001-3, записываются и обрабатываются пользователем самостоятельно. На основании температурных измерений строится график в координатах время - температура, °С.

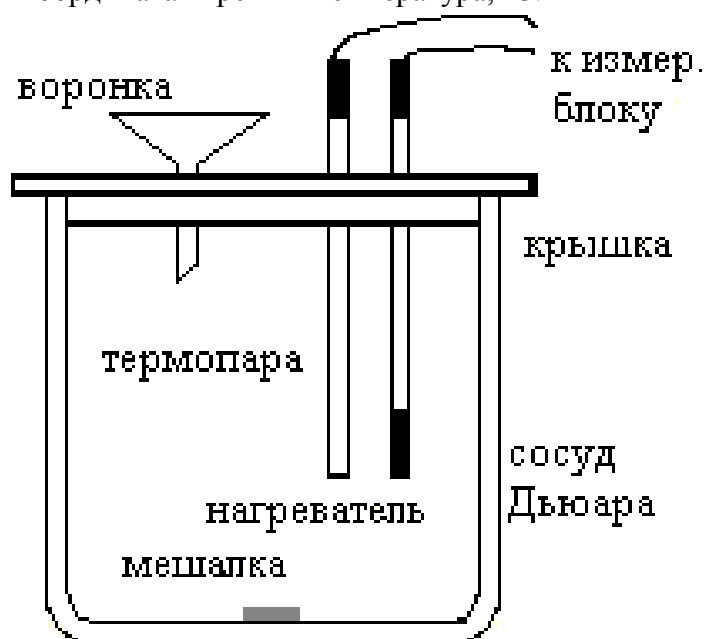


Рис.2. Схематическое изображение калориметрического стакана.

Если калориметрическая установка работает с компьютером, то сбор данных и построение графика осуществляется автоматически.

Примерные графики изменения температуры для экзотермических и эндотермических процессов представлены на рис.3 и 4

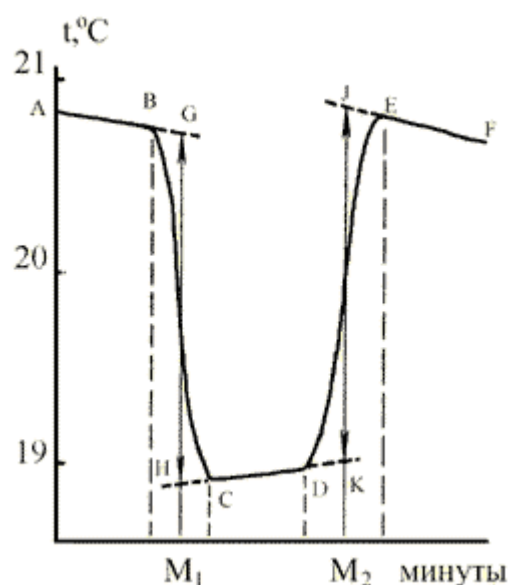


Рис.3.Изменение температуры для эндотермических процессов

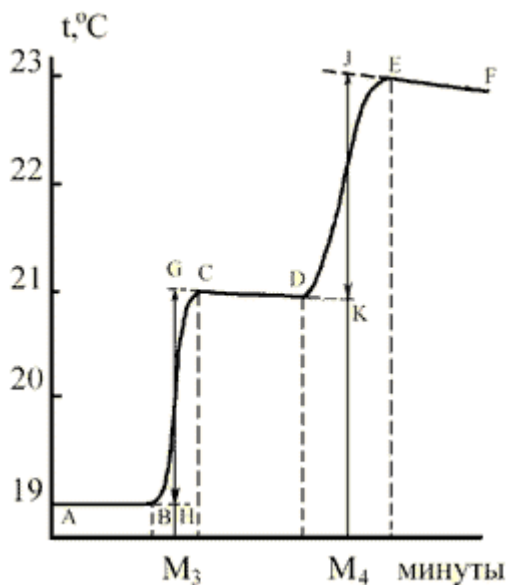


Рис.4. Изменение температуры для экзотермических процессов

Каждый калориметрический опыт начинают с определения температурного хода калориметрической системы. Для этого в течение нескольких минут измеряют температуру установки (участок АВ на рис. 3 и 4).

Участок ВС на графиках соответствует собственно реакции: экзотермической на рис.3 и экзотермической на рис.4. В результате реакции наблюдается значительное изменение температуры калориметра (ΔT_1). Окончание реакции регистрируется после того, как изменение температуры в калориметре перестанет расти или уменьшаться и её изменение прекратится или станет медленным и равномерным (участок CD).

Наличие небольшого наклона на графике температурной зависимости в начальном (AB) и конечном (CD) периодах свидетельствует о том, что во время опыта имеет место некоторый теплообмен калориметра с окружающей средой. В расчетах теплообмен учитывается следующим образом. Прямая АВ экстраполируется вправо, а прямая CD влево. Интервал времени от B до C делится пополам и через эту точку проводится перпендикуляр к оси абсцисс до пересечения его с экстраполированными участками прямых АВ и CD (точки H, G). Величина отрезка HG соответствует изменению температуры калориметрической системы ΔT_1 , связанному непосредственно с реакцией. Тепловой эффект химической реакции может быть рассчитан по формуле

$$Q = K\Delta T_1, \quad (15)$$

где K - тепловое значение калориметра, количество теплоты, которое необходимо для нагревания калориметра с его содержимым на 1°C . Оно определяется экспериментально, вслед за выполнением основной части работы. Для этого с помощью электрического нагревателя, включенного на заданное время Δt , калориметрической системе сообщается точно известное количество теплоты $q_{эл}$ и измеряется соответствующее ему изменение температуры ΔT_2 (участок DE графиков). Заключительный участок кривой EF на графике регистрируется после отключения калориметра от сети.

Количество тепловой энергии $q_{эл}$, сообщенное калориметрической системе при нагреве,, вычисляется по формуле Джоуля:

$$q_{эл} = (U^2 \Delta t) / r, \quad (16)$$

где U - напряжение постоянного тока, подаваемого на нагреватель, В;

r - электрическое сопротивление нагревателя, Ом;

Δt - время нагрева калориметра, с.

Тепловое значение калориметра:

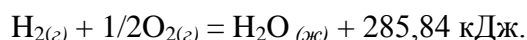
$$K = q_{эл} / \Delta T_2, \quad (17)$$

Подставив значение K в формулу (14), получаем значение теплового эффекта реакции. Измеренный тепловой эффект следует отнести к 1 моль вещества, для чего необходимо разделить его на число молей (n) того из участников реакции, который находится в недостатке, тогда:

$$Q = \frac{q_{эл} \Delta T_1}{\Delta T_2 n} \quad (18)$$

1.1.1. Вопросы по теме

1. Выделяется или поглощается теплота в реакции:



Увеличивается или уменьшается при этом энтальпия системы? Чему равно изменение энтальпии?

2. Укажите знак изменения энтальпии в следующих реакциях:
 - 1) горение угля на воздухе;
 - 2) окисление глюкозы в организме;
 - 3) получение негашеной извести обжигом известняка;
 - 4) растворение серной кислоты в воде;
 - 5) испарение хладагентов (фреон, аммиак, SO_2) в холодильной установке.
3. Энтальпия какой из приведенных ниже реакций ($p, T = \text{const}$) равна стандартной энтальпии образования газообразного йодоводорода (24кДж/моль)?
 - 1) $\text{H}_{(g)} + \text{I}_{(g)} = \text{HI}_{(g)}$
 - 2) $0,5\text{H}_{2(g)} + 0,5\text{I}_{2(g)} = \text{HI}_{(g)}$
 - 3) $\text{H}_{(g)} + 1/2 \text{I}_{2(g)} = \text{HI}_{(g)}$
 - 4) $\text{HI}_{(g)} = 0,5\text{H}_{2(g)} + 0,5\text{I}_{2(g)}$
4. Могут ли существовать соединения, энтальпия образования ($\Delta_f H^\circ$) которых больше нуля? меньше нуля? равна нулю?

1.2. Работа 1. Определение теплоты растворения солей

1.2.1. Цель работы

Получить практические навыки экспериментальной работы с простейшими калориметрическими приборами. Экспериментально определить теплоту растворения кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и безводной соли CuSO_4 . Оценить достоверность полученных результатов.

1.2.2. Реактивы

Дистиллированная вода, безводный CuSO_4 , кристаллогидрат $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

1.2.3. Оборудование

Калориметрическая установка, технические весы, мерные колбы на 100 и 50 мл, мерный цилиндр на 20 мл.

1.2.4. Порядок выполнения эксперимента

Опыт 1. Определение теплоты растворения кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Начинающим рекомендуется работать вдвоем. Один студент следит за показаниями температуры и времени на дисплее измерительного преобразователя "ЭКСПЕРТ-001-3" и диктует эти данные второму студенту, который заносит данные в таблицу 1 в рабочем журнале.

Взвесьте с точностью до сотых 15 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

В калориметрический стакан с помощью мерной колбы налейте 150 мл дистиллированной воды, температура которой должна быть близка к комнатной. Оставьте небольшое количество воды (~ 10 мл) в колбе.

Опустите в калориметрический стакан сердечник магнитной мешалки и включите в розетку 220 В блок питания.

Нажмите кнопку включения на блоке питания (при этом на блоке питания должна загореться красная лампочка).

Нажмите и удерживайте в течение 2 сек кнопку "ВКЛ" на измерительном преобразователе "ЭКСПЕРТ-001-3" (при этом начнет светиться его жидкокристаллический дисплей).

Первая надпись на ж/к дисплее измерительного преобразователя "ЭКСПЕРТ-001-3" показывает уровень зарядки собственных аккумуляторов преобразователя. При величине менее 30 % необходимо зарядить аккумуляторы при помощи сетевого адаптера.

Вращая ручку включения магнитной мешалки, добейтесь оптимальной скорости вращения сердечника магнитной мешалки.

Выберите время работы электрического нагревателя (с) при определении теплового значения калориметра. Для этого на клавиатуре измерительного преобразователя "ЭКСПЕРТ-001-3" нажмите кнопку "Ф2" и далее кнопку "ЧИСЛ". Цифровыми кнопками наберите время работы нагревателя. Рекомендуемое время 200 сек. После установки времени нагрева два раза нажмите кнопку "ВВОД".

Кнопками "стрелка влево" или "стрелка вправо" выберите режим "ТЕРМОМЕТР".

Начните выполнение опыта, нажав кнопку "ИЗМ". На дисплее появятся данные работы секундомера, работающего в режиме прямого отсчета времени и значения температуры в калориметрическом стакане.

Если установка подключена к компьютеру, одновременно нажмите команду "СТАРТ" в меню программы "Expert001.exe" измерения данных на компьютере.

Определите тепловой ход калориметрической установки (участок АВ на рис.3.). При работе в ручном режиме записывайте в рабочий журнал в таблицу 1 показания температуры через каждые 30 сек в течение пяти минут. Если измерения показывают, что в течение 5 мин температурные изменения достаточно равномерны и невелики, начинайте эксперимент.

В определенный момент времени, отметив его в рабочем журнале, высыпьте в калориметрический стакан через сухую воронку приготовленную навеску кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Оставшейся в мерной колбе водой смойте остатки соли с воронки.

Таблица 1

Время измерений, сек	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Температура измерений, °С										

За счет растворения соли происходит быстрое изменение температуры, поэтому, пока наблюдается рост температуры, фиксируйте значения температуры через возможно малые промежутки времени (каждые 5–10 сек).

После того, как растворение соли закончится, изменение температуры замедлится и температурный ход снова станет равномерным (участок CD на рис.3), продолжайте измерения температуры через 30 сек. еще в течение 5 мин.

Определите тепловое значение калориметрической установки. Для этого нажмите клавишу "Ф2". На дисплее появится время, установленное в начале эксперимента для нагрева калориметрической установки. Секундомер начнет работать в режиме обратного отсчета времени. Записывайте данные измерений температуры в рабочий журнал в таблицу 1 через каждые 30 сек. На блоке питания должна загореться вторая лампочка -

зеленая. Если зеленая лампочка не горит, значит нагрев не включен. По окончании нагрева зеленая лампочка на блоке питания гаснет.

После отключения тока нагревателя рост температуры замедлится, а затем температура начнет медленно падать. Фиксируйте изменение температуры через каждые 30 сек еще в течение 5 мин.

Нажмите клавишу "ОТКЛ" на клавиатуре измерительного преобразователя "ЭКСПЕРТ-001-3".

Выполните команду "Стоп" на экране монитора компьютера.

Результаты температурных измерений представьте в виде графика. На оси абсцисс нанесите время в секундах, а на оси ординат - показания температуры.

При работе установки с компьютером измерения температуры в зависимости от времени течения всего эксперимента будут фиксироваться автоматически. В результате на мониторе компьютера появится график, соответствующий изменению температуры системы в течение всего эксперимента. После его окончания распечатайте полученный график на принтере.

Вопросы и задания:

- 1. Определите по графику изменение температуры в результате реакции растворения кристаллогидрата.*
- 2. Определите по графику изменение температуры калориметрической установки в результате нагрева.*
- 3. Рассчитайте постоянное тепловое значение калориметра.*
- 4. Определите тепловой эффект реакции растворения кристаллогидрата.*
- 5. Определите энтальпию реакции растворения кристаллогидрата.*

Опыт 2. Определение теплоты растворения безводной соли CuSO_4

Взвесьте с точностью до 0,01 г ~9 г безводной соли CuSO_4 , предварительно прокаленной при температуре 400°С в течение 3 ч.

Затем проведите опыт по определению теплоты растворения безводной соли CuSO_4 . Опыт выполняется так же, как и опыт 1.

Результаты температурных измерений представьте в виде графика.

Вопросы и задания

- 1. Определите по графику изменение температуры в результате реакции растворения безводной соли CuSO_4 .*
- 2. Определите по графику изменение температуры калориметрической установки в результате нагрева.*
- 3. Рассчитайте тепловое значение калориметра.*
- 4. Определите тепловой эффект реакции растворения безводной соли CuSO_4 .*
- 5. Определите энтальпию реакции растворения безводной соли CuSO_4 .*

1.2.5. Что должен предоставить студент преподавателю для сдачи работы:

1. Графики изменения температуры при растворении кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и безводной соли CuSO_4 .
2. Расчеты теплоты и энтальпии растворения кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и безводной соли CuSO_4 .
3. Расчет теплоты и энтальпии образования кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ из безводной соли CuSO_4 по результатам эксперимента.
4. Расчет энтальпии образования кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ из безводной соли CuSO_4 по табличным термодинамическим данным.
5. Расчет абсолютных и относительных ошибок определения энтальпии:
 - 1) растворения кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,
 - 2) растворения безводной соли CuSO_4 ,
 - 3) образования кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ из безводной соли CuSO_4 и 5 моль воды.

1.3. Работа 2. Определение теплоты реакции нейтрализации

1.3.1. Цель работы

Получить практические навыки экспериментальной работы с простейшими калориметрическими приборами. Экспериментально определить теплоты нейтрализации сильной кислоты сильным основанием и слабой кислоты сильным основанием. Оценить достоверность полученных результатов.

1.3.2. Реактивы

Дистиллированная вода, 0,4 М HCl , 0,4 М CH_3COOH , 6 М KOH .

1.3.3. Оборудование

Калориметрическая установка, мерные колбы на 100 и 50 мл, мерный цилиндр на 20 мл.

1.3.4. Порядок выполнения эксперимента

Опыт 3. Определение теплоты нейтрализации сильной кислоты сильным основанием

Определение теплоты нейтрализации сильной кислоты и сильного основания проводите в калориметрической установке, которая была описана выше.

С помощью мерной колбы налейте в калориметрический стакан 150 мл 0,4 М раствора соляной кислоты. Оставшиеся в колбе следы соляной кислоты смойте в калориметр небольшим количеством дистиллированной воды.

В мерный цилиндр налейте 12 мл 6 М раствора KOH .

Опустите в калориметрический стакан сердечник магнитной мешалки, включите блок питания установки и, вращая ручку регулировки вращения магнитной мешалки, добейтесь оптимальной скорости ее вращения.

Выберите время работы электрического нагревателя, так как это описано в опыте 1. Кнопками "стрелка влево" или "стрелка вправо" выберите режим "ТЕРМОМЕТР" и начните выполнение опыта, нажав кнопку "ИЗМ".

Для того, чтобы результаты измерения фиксировались компьютером, одновременно выполните команду "СТАРТ" в меню программы "Expert001.exe" измерения данных на компьютере.

Определите тепловой ход калориметрической установки (участок АВ на рис.4), записывая в таблицу 1 показания температуры через каждые 30 сек в течение 5 минут.

Влейте через воронку в калориметрический стакан 12 мл 6 М раствора КОН и с этого момента записывайте изменение температуры в калориметрической системе через возможно малые интервалы времени (5-10 сек).

После того, как температура стабилизируется, в течение 5 минут фиксируйте изменение температуры через каждые 30 сек.

Определите тепловое значение калориметрической установки как это описано в опыте 1 и закончите эксперимент нажатием клавиши "ОТКЛ". *Выполните команду "Стоп" на экране монитора компьютера.*

Постройте график зависимости температуры калориметрической системы в зависимости от времени или распечатайте его на компьютере.

Вопросы и задания

- 1. Определите по графику изменение температуры в результате реакции нейтрализации сильной кислоты сильным основанием.*
- 2. Определите по графику изменение температуры калориметрической установки в результате нагрева.*
- 3. Рассчитайте тепловое значение калориметра.*
- 4. Определите тепловой эффект реакции нейтрализации сильной кислоты сильным основанием.*
- 5. Определите энтальпию реакции нейтрализации сильной кислоты сильным основанием.*

Опыт 4. Определение теплоты нейтрализации слабой кислоты сильным основанием

Работу проводите так же, как и в опыте 3, только для реакции нейтрализации возьмите 150 мл 0,4 М раствора уксусной кислоты.

Вопросы и задания:

- 1. Определите по графику изменение температуры в результате реакции нейтрализации слабой кислоты сильным основанием.*
- 2. Определите по графику изменение температуры калориметрической установки в результате нагрева.*
- 3. Рассчитайте тепловое значение калориметра.*
- 4. Определите тепловой эффект реакции нейтрализации слабой кислоты сильным основанием.*
- 5. Определите энтальпию реакции нейтрализации слабой кислоты сильным основанием.*
- 6. Расчитайте энтальпию реакции диссоциации уксусной кислоты, используя данные опытов 3 и 4.*

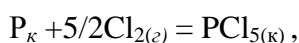
1.3.5. Что должен представить студент преподавателю для сдачи работы

- 1. Графики изменения температуры реакции нейтрализации сильной кислоты сильным основанием и слабой кислоты сильным основанием.**

2. Расчеты теплоты и энтальпии реакций нейтрализации сильной кислоты сильным основанием и слабой кислоты сильным основанием.
3. Расчет энтальпии диссоциации уксусной кислоты по результатам эксперимента.
4. Расчет энтальпии диссоциации уксусной кислоты по табличным термодинамическим данным.
5. Расчет абсолютных и относительных ошибок определения энтальпий:
 - 1) нейтрализации сильной кислоты сильным основанием;
 - 2) слабой кислоты сильным основанием;
 - 3) диссоциации уксусной кислоты.

1.4. Задачи

1. Рассчитайте тепловой эффект химической реакции



если PCl_5 можно получить в две стадии

1. $P_{(\kappa)} + 3/2Cl_{2(z)} = PCl_{3(\kappa)} + 332,2 \text{ кДж.}$
2. $PCl_{3(\kappa)} + Cl_{2(z)} = PCl_{5(\kappa)} + 127,2 \text{ кДж.}$

Чему равна энтальпия образования пентахлорида фосфора?

2. Рассчитайте теплоту гидратации Na_2SO_4 , если известно, что растворение 1 моль Na_2SO_4 сопровождается выделением теплоты, равной 80,33 кДж, а теплота растворения гидратированного сульфата натрия $Na_2SO_4 \cdot 5H_2O$ равна 78,66 кДж.
3. Рассчитайте теплоту диссоциации одноосновной кислоты, если тепловой эффект при ее нейтрализации раствором КОН равен +53,1 кДж/моль.
4. Рассчитайте энтальпию образования пероксида водорода пользуясь следующими термохимическими уравнениями:
 1. $H_{2(z)} + 1/2O_{2(r)} = H_2O_{(ж)} + 286,2 \text{ кДж.}$
 2. $H_2O_{2(ж)} = H_2O_{(ж)} + 1/2O_{2(r)} + 98,31 \text{ кДж}$

ИНСТРУКЦИЯ ПО РАБОТЕ С ПРИБОРОМ "Эксперт-001"

Для определения тепловых эффектов химических реакций

Перед началом работы проверьте правильность подключения соединительных кабелей калориметрической установки (рис.5.):

- датчик температуры и нагреватель (двойной черный провод) подключаются через общий разъем к верхнему правому разъему (на рисунке слева) блока питания (номер на разъеме должен совпадать с номером на нижней крышке измерительного преобразователя "ЭКСПЕРТ-001-3").

- блок питания (нижний правый разъем - на рисунке слева) подключается к измерительному преобразователю "ЭКСПЕРТ-001-3" (нижний правый разъем - на рисунке слева) посредством короткого соединительного кабеля;
- магнитная мешалка присоединяется к блоку питания (левый верхний разъем - на рисунке справа);
- блок питания подключается к розетке 220 В;
- измерительный преобразователь "ЭКСПЕРТ-001-3" (левый нижний разъем - на рисунке справа) соединяется кабелем с компьютером (разъем на стойке лабораторного стола).



Рис.5. Калориметрическая установка. Вид сзади. Схема подключения кабелей

Если измерительный преобразователь "ЭКСПЕРТ-001-3" подключен к компьютеру, то:

- перед началом работы калориметрической установки включите компьютер,
- загрузите Windows,
- загрузите программу "Expert-001" посредством нажатия правой клавиши мыши при положении курсора на соответствующем окне экрана монитора,
- в появившемся окне программы "Expert-001" нажмите на кнопку «График»,
- установите параметры графика, такие как минимальное и максимальное значение по оси У, фильтр,
- кроме непосредственного отображения результатов эксперимента на графике, необходимо табличное протоколирование результатов, для этого нажмите кнопку «Таблица» и выставите период занесения результатов в таблицу,
- для начала отображения результатов эксперимента нажмите кнопку «Старт» на главном меню программы,
- после того как закончатся изменения температуры за счет проведения химического процесса необходимо нажать на напели ионометра клавишу

- Ф2, при этом на блоке питания загорится зеленая лампочка и начнется нагревание системы для расчета константы калориметра,
- когда изменение линии графика выйдет на прямую нажмите «Стоп» на главном меню программы «Эксперт 001»,
 - для определения координат интересующих вас точек необходимо навести подвижный синий лейбл на точку, и внизу окна программы будут отображены координаты по X и Y.

Вопросы к защите лабораторной работы

Эквивалентность теплоты и работы. Первый закон термодинамики -формулировки и аналитическое выражение. Внутренняя энергии системы. Внутренняя энергия как функция состояния. Работа расширения идеальной газа в основных термодинамических процессах. Энтальпия. Термохимия. Закон Гесса и его следствия. Решение задач с использованием треугольника Гесса. Циклы Борна Хаббера, графическое представление, решаемые задачи. Тепловые эффекты химических процессов. Теплоты образования и сгорания веществ. Теплота растворения. Удельная, мольная; интегральная, парциальная (дифференциальная) теплота разведения и растворения. Факторы, определяющие тепловой эффект при растворении вещества. Теплота нейтрализации. Значение теплоты нейтрализации сильной кислоты и основания, и слабой кислоты или основания. Виды теплот растворения; интегральная и полная теплоты растворения. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры (закон Кирхгоффа). Теплоёмкость. Принцип калориметрических измерений. Виды калориметров. Устройство калориметра. Определение постоянной калориметра по стандартному веществу Методика определения теплоты растворения и гидратообразования.

Список литературы

1. Практические работы по физической химии / Под ред. К.П.Мищенко, А.А.Равделя, А.М.Пономаревой. - Л.: Химия, 1982.
2. Практикум по физической химии / Под ред. Н.К.Воробьева, В.В.Буданова. - М.:Химия, 1986.
3. Герасимов Я.И. и др. Курс физической химии. - М.: Химия, 1969. - Т. 1-2.
4. Еремин Е.Н. Основы химической термодинамики. - М.: Высшая школа, 1978.
5. Еремин Е.Н. Основы химической кинетики. - М.: Высшая школа, 1976.
6. Карапетьянс М.Х. Химическая термодинамика – Госхимиздат, 1947
7. Киреев В.А. Курс физической химии. - М.: Химия, 1975.
8. Эткинс П. Физическая химия. - М.: Мир, 1980. - Т. 1-2.

Филистеев Олег Владимирович
Криштоп Анастасия Валерьевна

**Калориметрические измерения с использованием установки и программы
«Эксперт 001»**

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
по физической химии
для студентов 2 курса специальности 020101-Химия

Редактор Н.Л. Попова

Подписано к печати		Бумага тип. №1
Печать трафаретная	Усл. печ.л. 1,0	Уч.- изд.л. 1,0
Заказ	Тираж 100	Цена свободная

Редакционно –издательский центр КГУ
640669, г.Курган, ул.Гоголя, 25
Курганский государственный университет