Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Новгородский государственный университет

имени Ярослава Мудрого»

Институт сельского хозяйства и природных ресурсов

Кафедра фундаментальной и прикладной химии

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ ПРОЦЕССОВ**

***Методические указания к лабораторной работе***

Великий Новгород

2013

Определение тепловых эффектов процессов: Метод указ./Сост. Н.И.Ульянова, В.П. Кузьмичева, В.А. Исаков – Великий Новгород, НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2013. – 9 c.

В методических указаниях рассмотрены основные вопросы по теме «Определение тепловых эффектов процессов».

Методические указания предназначены для студентов всех специальностей, изучающих химию.

**CОДЕРЖАНИЕ**

1 Цель работы 4

2 Основные теоретические положения 4

2.1 Тепловой эффект химической реакции 4

2.2 Тепловой эффект реакции нейтрализации 4

3 Требования техники безопасности 5

4 Экспериментальная часть 5

4.1. Описание установки 5

4.2. Выполнение эксперимента и обработка результатов 6

5 Требования к содержанию и оформлению отчета 8

6 Вопросы и задания для самоконтроля 9

Литература 9

**1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

* 1. Освоить методику определения тепловых эффектов процессов.
  2. Определить тепловой эффект реакции нейтрализации (взаимодействие сильной кислоты со щелочью).
  3. Вычислить тепловой эффект процесса диссоциации слабой кислоты.
  4. Вычислить тепловой эффект процесса диссоциации слабого основания.

**2 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**2.1 Тепловой эффект химической реакции**

Как известно, каждое физико-химическое превращение вещества сопровождается превращением энергии. Для сопоставления изменения энергии при различных реакциях в термодинамике используются понятие теплового эффекта, т. е. количества теплоты, которое выделяется или поглощается в химическом процессе при условии равенства начальной и конечной температуры. Тепловой эффект обычно относят к молю реагирующего вещества и выражают в джоулях.

Тепловые эффекты отличаются друг от друга, если процессы происходят в закрытом сосуде (при постоянном объеме V=const) или в открытом сосуде (при постоянном давлении P=const).

Тепловой эффект при постоянном объеме равен убыли внутренней энергии: QVT= –∆UT, а при постоянном давлении – убыли энтальпии:

QРT= –∆НT

Тепловой эффект не зависит от промежуточных стадий, а определяется лишь начальным и конечным состоянием системы при условии, что единственной работой, совершаемой системой, является работа против внешнего давления и что давление или объем в течение всего процесса остаются неизменными (закон Гесса). С помощью закона Гесса и следствий из него производят различные термохимические расчеты.

**2.2 Тепловой эффект реакции нейтрализации**

Согласно учению о водных растворах электролитов процесс нейтрализации сильной кислоты сильным основанием сводится к соединению ионов водорода с ионами гидроксида:

H++A−+Me++OH−→H2O+Me++A− или:

H++OH−→H2O

Поэтому теплота нейтрализации эквивалентных количеств сильных кислот и оснований при достаточном разбавлении одна и та же и равна -57,22 кДж/моль.

Если при нейтрализации кислота или основание (или оба компонента) являются слабыми электролитами, то в этом случае протекают два процесса:

процесс диссоциации слабого электролита:

1. HA↔H++A−+∆Hдиссоц.слаб.эл.

(НА – слабый электролит)

и процесс нейтрализации:

1. Н++ОН−→Н2О+∆Н нейтр.

Суммируя уравнения 1) и 2) получим:

НА+ОН−↔А−+Н2О+∆Нреакции

Следовательно:

∆Нреакции = ∆Hдиссоц.слаб.эл. +∆Ннейтр. (1)

Определив экспериментально ∆Нреакции и зная ∆Ннейтр., можно на основании формулы (1) рассчитать ∆Hдиссоц.слаб.эл.

**3 ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ**

При выполнении работы следует строго соблюдать общие правила техники безопасности для химических лабораторий. При попадании реактивов на кожу или одежду пораженный участок необходимо быстро обильно промыть водой.

**4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

**4.1 Описание установки**

Определение тепловых эффектов производят в специальных приборах, называемых калориметрами. В зависимости от характера процесса и реагирующих веществ, применяют калориметры различных конструкций, но все калориметры содержат калориметрический сосуд, который защищается от потерь тепла и снабжен чувствительным ртутным тепломером или другим устройством для измерения температуры.

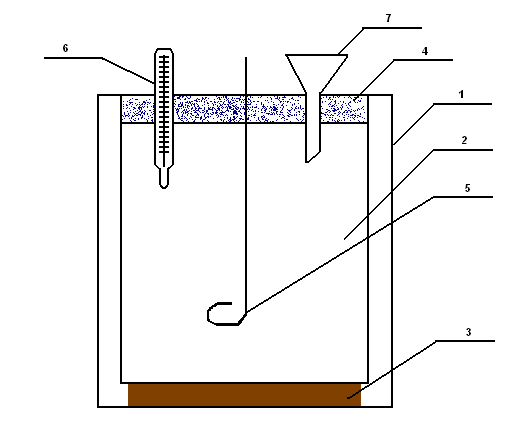
Для определения теплоты реакции, протекающей в водном растворе, можно использовать калориметрическую установку, изображенную на рис.1.

Рис. 1. Схема калориметрической установки:

1 – наружный стакан;

2 – реакционный стакан;

3 – подставка; 4 – крышка;

5 – мешалка; 6 – термометр;

7 – воронка.

В стеклянный стакан (1) емкостью 0,5л, вставляют другой стакан (2) емкостью 0,3л. Стаканы между собой не должны соприкасаться во избежание потерь теплоты через стенки внутреннего калориметрического сосуда, для чего между ними помещают корковые прокладки. Внутренний стакан закрыт крышкой (4) с тремя отверстиями для проволочной мешалки (5), термометра (6) с ценой деления 0,10С и воронки (7) для смывания в калориметр вещества или наливания раствора.

**4.2 Выполнение эксперимента и обработка результатов**

Теплоту нейтрализации (∆Ннейтр) и теплоту диссоциации слабого электролита (∆Ндиссоц.слаб.эл) определяют, проводя в калориметре поочередно реакции из представленных вариантов:

|  |  |
| --- | --- |
| I. 1) КOH+HNO3  2) NH4OH+HNO3  слабое осн. | IV. 1) KOH+HCl  2) KOH+CH3COOH  слабая кислота |
| II. 1) NaOH+HNO3  2) NaOH+CH3COOH  слабая кислота | V. 1) NaOH+HCl  2) NaOH+CH3COOH  слабая кислота |
| III. 1) NaOH+HCl  2) NH4OH+HCl  слабое осн. | VI. 1) КOH+HNO3  2) NaOH+CH3COOH  слабая кислота |

Во внутренний стакан калориметра налейте 50 мл 2н. раствора основания, поставьте стакан в калориметр и измерьте температуру раствора с точностью до 0,10С.

В другой стакан налейте 50мл 2н. раствора кислоты и также измерьте его температуру.

Определите начальную температуру tН как среднее арифметическое из температур растворов щелочи и кислоты.

При перемешивании через воронку быстро влейте раствор кислоты в калориметр. При этом следите за изменением температуры и отметьте самую высокую температуру tК.

Аналогично проведите в калориметре реакции с участием других электролитов, проделав те же измерения и расчеты.

Результаты опытов оформите в виде таблицы.

Таблица.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Реагенты | tщел, 0С | tкисл, 0С | tн, 0С | tк, 0С | ∆t, 0С | С1,  Дж  г·К | m1, г | С2,  Дж  г·К | m2, г | ∑С, Дж/К | q, кДж |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Количество теплоты, выделяющейся или поглощающейся в калориметре, определяется по формуле:

qреакции = (tK - tH)·∑C; (2)

где tK – конечная температура; tH – начальная температура; ∑C – теплоемкость системы, слагающая из теплоемкостей калориметрического сосуда и находящегося в нем вещества.

Теплоемкость системы равна

∑C=c1m1+c2m2, (3)

где

с1 – удельная теплоемкость реакционного сосуда (стекла);

с1=0,753Дж/г·К;

m1 – масса реакционного сосуда (m1 указана на стакане в граммах);

с2 – удельная теплоемкость жидкости (воды), находящейся в калориметре;

с2=4,186Дж/г·К;

m2 – масса жидкости , находящейся в калориметре;

m2 = ρр-ра∙Vр-ра ;

плотность раствора (воды) ρ = 1г/мл;

Vр-ра = Vк-ты+Vщел.

Используя значения qреакции, полученные в I и во II опытах, расчитайте тепловые эффекты реакций на 1 моль вещества (основания):

Для I реакции:

Расчет относительной погрешности опыта для I реакции проводят по формуле:



Для II реакции:

Вычислите ΔН0диссоц. слабого электролита ,используя:

**5 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

1. Название лабораторной работы;
2. Цель работы;
3. Схематично изобразить установку для калориметрических измерений;
4. Заполнить таблицу результатов;

5. Под таблицей представить расчеты:

Для I реакции: написать молекулярное и ионно-молекулярное уравнение

а) Расчет ∑C по формуле (3);

б) Расчет Q *нейтрализации* по формуле (2);

в)Расчет ν (количества вещества (кислоты или основания), взятого в недостатке) по формуле (5);

г) Расчет ∆Н°*нейтр.экспер*. по формуле (4);

д) Расчет ∆Н°*нейтр.теор*. по следствию из закона Гесса с использованием табличных значений;

е) Расчет относительной погрешности по формуле (6);

ж) Указать возможные причины погрешности.

Для II и III реакции: написать молекулярные и ионно-молекулярные уравнения

а) Расчет ∑C по формуле (3);

б) Расчет Q *реакции* по формуле (2);

в) Расчет ν (количества вещества (кислоты или основания), взятого в недостатке) по формуле (5);

г) Расчет ∆Н°*реакции* по формуле (7);

д) Расчет ΔН0диссоц. слабого электролита из формулы (8).

6. Вывод:

- написать термохимические уравнения реакций;

- сопоставить полученные значения тепловых эффектов реакций между собой и объяснить их различие (или равенство);

- какими являются по тепловым эффектам процессы:

а) взаимодействия кислоты и основания;

б) диссоциация слабого электролита.

**6 Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Что такое тепловой эффект реакции? При каких условиях тепловой эффект химической реакции численно равен изменению энтальпии?
2. Почему энтальпия нейтрализации сильных кислот и оснований одинакова для различных кислот и оснований, а энтальпия нейтрализации слабых кислот и оснований зависит от природы реагирующих веществ?
3. Что называется стандартной энтальпией (теплотой) образования соединения? Для какого вещества стандартная энтальпия образования равна нулю:

а) Н2О2; б) Н2SO4; в) О2; г) СаСО3; д) О3.

4. Укажите уравнение реакции, ΔН0 которой является энтальпией образования соединения:

а) СаО(кр) + СО2(г) = СаСО3(кр);

б) С(кр) + 2Сl2(г) = ССl4(г);

в) СF4(г) = С(кр) + 2F2(г);

г) Сu2S(кр) + 2О2(г) = 2СuО(кр) + SO2(г).

5. При разложении 0,5 моль СО2 на простые вещества поглощается 196,7 кДж теплоты. Определите энтальпию образования СО2 (кДж/моль).

6. Вычислите стандартные изменения энтальпии в реакциях:

а) 4NH3(г) + 5О2(г) = 4NO(г) + 6Н2О(ж);

б) Fe2О3(кр) + 3СО(г) = 2Fe(кр) + 3СО2(г);

в) 3СН4(г) + СО2(г) + 2Н2О(ж) = 4СО(г) + 8Н2(г).

**Литература**

1. Ахметов, Н.С.  Общая и неорганическая химия : Учеб.для вузов / Н. С. Ахметов. - 7-е изд.,стер. - М.: Высшая школа, 2008. – 742 с.
2. Гельфман, М.И. Неорганическая химия: Учеб.для вузов / М. И. Гельфман, В. П. Юстратов. - 2-е изд.,стер. - СПб. : Лань, 2009. – 527 с.
3. Суворов, А.В.  Вопросы и задачи по общей химии: Учеб.пособие для вузов / А. В. Суворов, А. Б. Никольский. - СПб.: Химиздат, 2002. – 304 с.
4. Ахметов, Н.С.  Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии: Учеб.пособие для студентов ун-тов,хим.-технол.и пед.вузов / Н. С. Ахметов, М. К. Азизова, Л. И. Бадыгин. - 5-е изд.,испр. - М.: Высшая школа, 2003(2002). – 366 с.