

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

КАФЕДРА «Химия»

**Химическое равновесие**

**Практикум**

по выполнению лабораторной работы № 6

по дисциплине

«Химия»

Ростов-на-Дону

2024 г

Составители: к.х.н., доцент Новикова А.А., к.х.н., доцент Таутиева М.А.

Практикум по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Химия». ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, 2024 г.

В практикуме кратко изложены теоретические вопросы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы, рабочее задание и контрольные вопросы для самопроверки.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки (код, название):

090302 Информационные системы и технологии

150301 Машиностроение

230302 Наземные транспортно–технологические комплексы

Ответственный за выпуск:

Зав. кафедрой (руководитель структурного подразделения, ответственного за реализацию ОПОП) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 Ф.И.О.

© Издательский центр ДГТУ, 2024 г.

**Введение**

Некоторые реакции прекращаются до того, как исходные вещества прореагируют полностью. Эти реакции относятся к обратимым, т.е. они протекают одновременно в двух противо­положных направлениях. Обратимые реакции в закрытой системе при постоянных температуре и давлении идут до состо­яния равновесия. Термодинамическим условием химического равновесия является равенство энергии Гиббса химической реакции нулю, т.е. ΔG = 0. А это возможно при некоторой температуре, когда энтальпийный и энтропий­ный факторы уравниваются (ΔH = TΔS).

Химическое равновесие имеет динамический характер. Скорость реакции (число частиц, образующихся в единицу времени в единице объема) в прямом направлении равна скорости реакции в обратном направлении. В условиях химического равновесия концентрации (или парциальное давление в случае газов) исходных веществ и продуктов реакции не изменяются во времени и называются равновесными концентрациями (или парциальными давлениями) веществ.

**Теоретическая часть**

Химические реакции бывают обратимые и необратимые. Необратимые реакции, например:

Na+H2O=NaOH+1/2H2↑,

Zn+4HNO3=Zn(NO3)2+2NO2↑+2H2O,

Ca(OH)2+CO2=CaCO3↓+H2O,

протекают до конца и идут обычно только в одном направлении.

Напротив, обратимые реакции могут идти в разных направлениях, например:

Na+3H2↔2NH3,

H2+J2↔2HJ,

FeCl3+3KCNS↔Fe(CNS)3+3KCl,

что приводит к установлению динамического равновесия в том случае, когда скорости прямой и обратной реакции равны:

*v*пр=*v*обр

Понятие «химическое равновесие» применимо только к обратимым реакциям. Химическим равновесием называют такое состояние реагирующей системы, при котором скорость прямой реакции *vпрям.*равна скорости обратной реакции *vобрат.*. Равенство скоростей прямой и обратной реакций является кинетическим условием химического равновесия.

Химическое равновесие характеризуется постоянным для данных условий соотношением равновесных концентраций всех веществ, участвующих во взаимодействии.

Величина, равная отношению произведения равновесных концентраций продуктов реакции к произведению равновесных концентраций исходных веществ в степенях их стехиометрических коэффициентов, называется константой равновесия. Для обратимой реакции

*Н2(г) +I2(г) = 2HI(г)*

константа равновесия имеет вид:



Константа равновесия зависит от природы реагентов, температуры и не зависит от исходной концентрации веществ в системе.

Химическое равновесие остается неизменным до тех пор, пока постоянны параметры, при которых оно установилось. При изменении условий равновесие нарушается. Через некоторое время в системе вновь наступает равновесие, характеризующееся новым равенством скоростей и новыми равновесными концентрациями всех веществ.

Равновесие смещается в ту или иную сторону потому, что изменение условий по-разному влияет на скорости прямой и обратной реакций. Равновесие смещается в сторону той реакции, скорость которой при нарушении равновесия становится больше. Например, если при изменении внешних условий равновесие нарушается так, что скорость прямой реакции становится больше скорости обратной реакции, то равновесие смещается вправо.

В общем случае направление смещения равновесия определяется принципом *Ле-Шателье-Брауна*: *если на систему, находящуюся в равновесии , оказывать внешнее воздействие, то равновесие смещается в том направлении, которое ослабляет эффект внешнего воздействия.*

**Инструкция по технике безопасности при выполнении лабораторной работы**

При работе в химической лаборатории необходимо придерживаться следующих правил:

1. Предварительно прочитать соответствующие разделы учебника, записи лекций и познакомится с содержанием лабораторной работы.

2. Внимательно следить за ходом опыта и замечать все изменения.

3. Если нет указания о дозировки реактивов для данного опыта, то брать их надо в возможном меньшем количестве (экономия материалов и времени, затрачиваемого на операцию).

4. Излишек реактива не высыпать и не выливать обратно в сосуд, из которого он был взят.

5. Не уносить приборы, аппараты, реактивы общего пользования на свое рабочее место. Не путать пробки от капельных пипеток и реактивных склянок.

6. Все опыты с ядовитыми и неприятно пахнущими веществами проводить в вытяжном шкафу.

7. С первых дней приучить себя работать аккуратно, внимательно, без торопливости.

8. Содержать своё рабочее место в чистоте: грязь нередко бывает причиной искажения результатов. Приборы и посуду мыть тотчас после окончания опыта, не откладывая до окончания всей работы. Если пролита вода или реактивы, быстро вытереть стол, но будьте осторожны, чтобы не повредить руки и одежду. Разбитое стекло, куски бумаги, испорченные сухие реактивы и т. д. не оставлять на столах, а выбросить в специальный бак, ни в коем случае не в водопроводную раковину.

9. Не загромождать стол ненужными в данный момент предметами, приборами, книгами. Личные вещи убирайте в ящик лабораторного стола.

10. Соблюдайте в лаборатории тишину.

11. По окончании работы вылить и сдать лаборанту приборы и посуду, привести в порядок рабочее место.

12. Обязательно вести запись проведённых лабораторных работ. Пока выполненный опыт не записан, не переходить к следующему.

**Цель работы:**

изучение влияния различных факторов на химическое равновесие.

**Рабочее задание**

1. Изучить теоретический материал по теме лабораторной работы
2. Ознакомиться с методикой проведения лабораторных опытов
3. Ознакомиться с правилами техники безопасности в химической лаборатории
4. Выполнить экспериментальную часть лабораторной работы
5. Написать и предоставить преподавателю отчет по лабораторной работе
6. Ответить на вопросы преподавателя при защите лабораторной работы.

**Общие положения**

1. *Подготовка к выполнению лабораторной работы*

Домашняя подготовка студента к выполнению лабораторной работы включает следующие этапы:

⎯ Студент должен по учебникам (учебному пособию) проработать соответствующий теоретический материал, имеющий непосредственное отношение к теме лабораторной работы. Это нужно для осмысленного выполнения опытов. Краткие теоретические основы работы есть в «Лабораторном практикуме».

⎯ Студент должен ознакомиться с методикой выполнения эксперимента по «Лабораторному практикуму». Студент знакомится с целью работы, необходимым оборудованием и материалами для работы, а также с ходом выполнения лабораторных работ.

⎯ Студент описывает методику выполнения работы в своем лабораторном журнале (в тетради для лабораторных работ).

1. *Выполнение лабораторной работы на занятии*

Студент должен ознакомиться с лабораторной работой на рабочем месте (техникой безопасности, оборудованием, материалами и т.п.).

Только после получения у преподавателя допуска к выполнению лабораторной работы студент может приступать к работе.

В соответствии с «Лабораторным практикумом» выполнить всю практическую работу.

По полученным данным студенты производят расчеты (если необходимо), записывают наблюдения, строят графики и делают выводы. В конце занятия студенты получают у преподавателя письменное подтверждение, что работа выполнена верно. Для этого преподаватель расписывается в лабораторной тетради: пишет «выполнено», ставит дату и подпись. В случае получения неправильных результатов, работу надо переделать, т.е. выполнить повторно.

1. *Оформление лабораторной работы*

В большинстве случаев это домашний этап работы. В лабораторном журнале студент оформляет работу: заполняет отчеты по проведенным экспериментам. В отчетах должна быть представлена следующая информация: тема работы; цель работы; материалы и оборудование; результаты выполнения работы: наблюдения; ответы на контрольные вопросы; при необходимости начерчены графики функций; по целям работы должны быть сформулированы выводы.

Если время позволяет, то оформить работу можно на занятии (после выполнения лабораторной работы и подтверждения преподавателем правильности полученных результатов). Если студент по какой-либо причине не успевает это сделать на занятии, то оформляет работу дома.

1. *Защита лабораторной работы*

Под защитой лабораторной работы подразумевается:

⎯ Представление преподавателю своего лабораторного журнала (тетради) с полностью оформленной работой и проверка её преподавателем.

⎯ Ответы на контрольные вопросы по теории и методике эксперимента, которые приводятся в «Лабораторном практикуме».

⎯ Сдать работу преподавателю (т.е. защитить её на оценку) можно на этом же занятии. Но если оформление работы громоздкое или большая часть времени ушла на выполнение работы, то чаще всего защита выполненной лабораторной работы проводится на следующем занятии.

Преподаватель в конце занятия выдает каждому студенту индивидуальных задачи, решение которых студент представляет преподавателю на следующем занятии. Правильное решение задач оценивается определенной суммой баллов и засчитывается преподавателем как защита выполненной лабораторной работы.

Студенты, не защитившие лабораторные работы в срок и не набравшие необходимой суммы баллов, защищают все выполненные лабораторные работы на занятии, выделенном как защита блока лабораторных работ. Студенты, уже защитившие часть лабораторных работ, защищают последнюю из выполненных работ. Защита выполненных лабораторных работ допускается не более двух раз и оценивается при этом минимальным количеством баллов. Лабораторный практикум считается выполненным, если студент отработал и защитил все лабораторные работы, набрав при этом минимально необходимую сумму баллов.

Для оценки результатов лабораторной работы используются следующие критерии:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Критерий | Показатель | Вес |
| 1. Выполнение лабораторной работы | - освоение типовой методики проведения лабораторной работы, с использованием необходимого оборудования, включая подготовку образцов | 0,15 |
| 2. Подготовка отчета по лабораторной работе | - краткое теоретическое описание физических основ используемого метода, включающее, описание компоновки и принципа работы оборудования,схемы работы оборудования и этапы проведения обработки образцов,- достоверность полученных данных,- правильность статистической обработки массива экспериментальных данных- наглядность представления полученных результатов (табличное, графическое, аналитическое)- логичность, обоснованность сделанных в работе выводов | 0,35 |
| 3. Защита лабораторной работы  | - правильность и полнота ответов, их обоснованность- анализ недостатков и достоинств использованного метода исследования | 0,35 |
| 4. Соблюдение требований по оформлению отчета | - правильное оформление текста отчета, грамотность и культура изложения- правильность оформления графического материала с указанием единиц измерения величин | 0,15 |

**Материально-техническое обеспечение работы**

Химическая лаборатория: лабораторные столы, лабораторные стулья, вытяжной шкаф, меловая доска;

Лабораторная посуда: химические стаканы на 100 мл 4 шт, мерный цилиндр на 25 мл 2 шт;

Химические реактивы: FeCl3, KSCN, дист вода

**Порядок выполнения работы**

**Опыт 1. Влияние концентрации реагирующих веществ на химическое равновесие.**

В пробирке смешайте по 5 мл разбавленных растворов хлорного железа и роданида калия. Появляющийся красный цвет раствора

обусловлен образованием роданида железа. Напишите уравнение реакции. По изменению интенсивности окраски можно судить об изменении концентрации роданида железа – Fe(CNS)3, т.е. о смещении равновесия в ту или другую сторону.

Для этого разделите полученный раствор на 4 пробирки. В одну пробирку добавьте несколько капель концентрированного хлорного железа FeCl3, во 2-ю – концентрированного роданида калия KCNS, в 3-ю – кристаллического хлорида калия KCl, а 4-ю – оставьте для сравнения.

Растворы во всех пробирках размешайте энергичным встряхиванием. Отметьте изменение интенсивности окраски в каждом случае (сравните с раствором в контрольной пробирке). Наблюдения оформить в виде таблицы:

Таблица 1. Экспериментальные наблюдения к опыту 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № пробирки | Добавленные раствор | Изменение цвета (посветление /потемнение**)** |
| 1 |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 4 | контроль |  |

В каком направлении смещается равновесие в случае добавления: а) хлорида железа, б) роданида калия, в) хлорида калия? Подтвердите свои наблюдения, исходя из общего выражения константы равновесия данной реакции.

**Опыт 2. Обратимость смещения химического равновесия.**

Изучаемая реакция:

Cr2O72– + 2OH– ↔ 2CrO42– + H2O

Растворы, содержащие дихромат-ионы Cr2O72–, окрашены в оранжевый цвет, а растворы, содержащие хромат-ионы CrO42–, в лимонно-жёлтый, что позволяет судить о направлении смещения равновесия.

В 4 пробирки налить по 1 мл раствора дихромата калия. 2. 1-ю пробирку оставить для контроля. 3.

В остальные пробирки добавить по 2 капли гидроксида натрия. 4. Затем в 3-ю и 4-ю пробирки добавить по 2 капли серной кислоты. 5. И в 4-ю пробирку снова добавить 2 капли гидроксида натрия. Наблюдения оформить в виде таблицы:

Таблица 2. Экспериментальные наблюдения к опыту 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № пробирки | Добавленные раствор | Изменение цвета (посветление /потемнение**)** |
| 1 |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 4 | контроль |  |

Напишите математическое выражение закона действующих масс для прямой и обратной реакции.

Укажите, как изменятся (увеличатся, уменьшатся, не изменятся) скорости прямой и обратной реакций, при: а) добавлении серной кислоты. Обратите внимание на то, что катионы водорода не участвуют в реакции, но взаимодействуют с одним из ионов – реагентов.

Напишите уравнение этой реакции. Сделайте вывод о том, как изменятся в результате реакции концентрации ионов, участвующих в рассматриваемой реакции. б) добавлении гидроксида натрия.

Сделайте теоретический вывод о том, в какую сторону сместится равновесие в каждом случае. Подтвердите обратимость смещения химического равновесия. Сделайте практический вывод об устойчивости хроматов и дихроматов в зависимости от кислотности среды.

**Опыт 3. Влияние температуры на смещение химического равновесия.**

Изучаемая реакция:

I₂ + (C₆H₁₀O₅)n ↔ I₂·(C₆H₁₀O₅)n

Коллоидные растворы крахмала – бесцветны. Водные растворы йода имеют бледно-жёлтую окраску, разбавленные растворы – бесцветны. Йодокрахмал – вещество сложного состава, представляющее собой соединение включения, окрашенное в сине-фиолетовый цвет, поэтому любое изменение окраски раствора позволяет судить о направлении смещения равновесия.

В 2 пробирки налить по 1 мл раствора коллоидного раствора крахмала. Первую пробирку оставить для контроля, 2-ю пробирку опустить в стаканчик с горячей водой. После изменения окраски раствора эту же пробирку поместить под струю холодной водопроводной воды.

Наблюдения оформить в виде таблицы:

Таблица 3. Экспериментальные наблюдения к опыту 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № пробирки | Действие | Цвет/изменение цвета |
| 1 | --- |  |
| 2 | Нагревание |  |
| Охлаждение |  |

Запишите реакцию взаимодействия крахмала с йодом с помощью химических формул и математическое выражение закона действующих масс для прямой и обратной реакций.

Укажите, как изменятся (увеличатся, уменьшатся, не изменятся) скорости прямой и обратной реакций при: а) нагревании б) охлаждении

Сделайте теоретический вывод о том, в какую сторону сместится равновесие в каждом случае.

**Контрольные вопросы**

1. Химическое равновесие. Константа равновесия.
2. Смещение химического равновесия. Принцип Ле-Шателье.
3. Влияние концентрации, давления, температуры на состояние химического равновесия.
4. Равновесие в системе Н2 (г) + J2 (г)= 2HJ (г) установилось при следующих концентрациях: [H2] = 0,025 моль/л; [J2] = 0,005 моль/л; [HJ] = 0,09 моль/л. Определить исходные концентрации йода и водорода.
5. Константа равновесия реакции FeO (к) + СО (г) = Fe (к) + СО2 (г) при некоторой температуре равна 0,5. Найти равновесные концентрации СО и СО2, если начальные концентрации этих веществ составляли: [CO]исх = 0,05 моль/л; [CO2]исх = 0,01 моль/л.
6. Найти константу равновесия реакции N2O4 = 2NO2, если начальная концентрация N2O4 составляла 0,08 моль/л, а к моменту наступления равновесия диссоциировало 50% молекул N2O4.
7. Напишите выражения для константы равновесия гомогенной системы CH4 + CO2 = 2CO + 2H2. Как следует изменить температуру и давление в данной системе, чтобы повысить выход водорода, учитывая, что прямая реакция является эндотермической?
8. В каком направлении сместится равновесие в данных системах при: а) понижении давления; б) повышении температуры; в) понижении концентрации кислорода:

2ΝΟ2 (г) 🡘 2ΝΟ (г) + Ο2 (г)△Η0 < 0

N2 (г) + Ο2 (г) 🡘 2NO (г) △Η0 = 180 кДж;

С(тв) + Ο2 (г)🡘 CO 2 (г) △Η0= –489 кДж;

2Η2 (г) + Ο2 (г) 🡘 2Η2Ο (г) △Η0= –489 кДж;

CH4 (г) +2O2 ↔ CO2 (г) + 2H2O (пар)△Η0< 0.

**Перечень информационных ресурсов**

1. Глинка Н.Л. Общая химия: учебное пособие для вузов. Издательство: М.: Интеграл-Пресс, 2003. - 728 с.

2 Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии: учебное пособие для вузов. Издательство: Москва "Интеграл-Пресс", 2005. - 240 с.

3. Коровин Н.В. Общая химия: учебник для технических направлений и спец.вузов. Издательство: М.: Высшая школа, 1998.- 559 с.

**Приложения**

Приложение А

**Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева**

 