

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Филиал ФГБОУ ВО ИРНИТУ в г. Усолье-Сибирском

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора по учебной работе

 О.В. Черепанова
« 20 » 10 2022 г.

ОП.04 Физическая и коллоидная химия

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Специальность	18.02.12 Технология аналитического контроля химических веществ
Квалификация	Техник
Форма обучения	Очная
Год набора	2021

2022 год

Методические указания по дисциплине ОП.04 Физическая и коллоидная химия составлены в соответствии с рабочей программой.

Составитель:

Кириллова Лидия Евгеньевна, преподаватель

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к утверждению
на заседании цикловой комиссии химических технологий и автоматизации
производства

Протокол № 2 от «19» 10 2022г.

Председатель ЦК  Ю.А. Зыкова

Введение

Методические указания составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 18.02.12 Технология аналитического контроля химических соединений с учетом Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования, реализуемого в пределах программы подготовки специалистов среднего звена.

Общей целью методических указаний является освоение знаний и овладение умениями и навыками по дисциплине.

Выполнение практических работ направлено на формирование умений и знаний в результате освоения дисциплины:

Коды компетенций (ОК, ПК)	Умения	Знания
ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07, ОК 09 ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3, ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3	У1 - выполнять расчеты электродных потенциалов, электродвижущей силы гальванических элементов; У2 - находить в справочной литературе показатели физико-химических свойств веществ и их соединений; У3 - определять концентрацию реагирующих веществ и скорость реакций; У4 - строить фазовые диаграммы; У5 - производить расчеты параметров газовых смесей, кинетических параметров химических реакций, химического равновесия; У6 - рассчитывать тепловые эффекты и скорость химических реакций; У7 - определять параметры каталитических реакций.	31 - закономерности протекания химических и физико-химических процессов; 32 - законы идеальных газов; 33 - механизм действия катализаторов; 34 - механизмы гомогенных и гетерогенных реакций; 35 - основы физической и коллоидной химии, химической кинетики, электрохимии, химической термодинамики и термохимии; 36 - основные методы интенсификации физико-химических процессов; 37 - свойства агрегатных состояний веществ; 38 - сущность и механизм катализа; 39 - схемы реакций замещения и присоединения; 310 - условия химического равновесия; 311 - физико-химические методы анализа веществ, применяемые приборы; 312 - физико-химические свойства сырьевых материалов и продуктов.

Общее количество часов на выполнение практических занятий – 16.

Информационное обеспечение обучения

Перечень основной и дополнительной литературы, электронных ресурсов

Основная литература:

1. Гавронская Ю. Ю. Коллоидная химия : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Ю. Ю. Гавронская, В. Н. Пак. – Москва : Юрайт, 2021. – 287 с. URL: <https://urait.ru/viewer/kolloidnaya-himiya-470356#page/1>
2. Новокшанова А. Л. Органическая, биологическая и физколлоидная химия. Практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. Л. Новокшанова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2021. – 222 с. URL: <https://urait.ru/viewer/organicheskaya-biologicheskaya-i-fizkolloidnaya-himiya-praktikum-472675#page/1>

Дополнительная литература:

3. Физическая и коллоидная химия: в 2 ч. Ч. 1. Физическая химия: учебник для среднего профессионального образования / В. Ю. Конюхов [и др.] ; под ред. В. Ю. Конюхова, К. И. Попова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 259 с. <https://www.biblio-online.ru/bcode/454488>
4. Физическая и коллоидная химия: в 2 ч. Ч. 2: учебник для среднего профессионального образования / В. Ю. Конюхов [и др.] ; под ред. В. Ю. Конюхова, К. И. Попова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 309 с. <https://www.biblio-online.ru/bcode/454489>
5. Коллоидная химия: примеры и задачи: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Ф. Марков [и др.]. – Москва : Юрайт, 2020. – 186 с. <https://www.biblio-online.ru/bcode/453418>
6. Вестник Пермского университета. Серия: Химия : научный журнал. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет URL: <https://profspo.ru/magazines/11607>
7. Universum: Химия и биология : научный журнал. – Москва : Международный центр науки и образования URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=50468>

Электронные ресурсы:

Российские ресурсы:

1. Электронная библиотека ИРНИТУ: <http://elib.istu.edu/>
2. Электронно-библиотечная система «Лань»: <http://e.lanbook.com/>

3. ЭБС Юрайт: <https://urait.ru/>
4. Научные электронные журналы на платформе eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>
5. ЭБС PROобразование: www.profspo.ru/
6. ЭБС Znanium.com: <http://znanium.com/>
7. ЭБС «Академия»: <http://www.academia-moscow.ru/>

Зарубежные электронные научные журналы и базы данных

База данных Springer Nature Experiments (ранее Springer Protocols):
<https://experiments.springernature.com/>

Доступ из внутренней сети вуза

Wiley Online Library: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Доступ из внутренней сети вуза

Общие критерии оценивания

Практические работы студентов оцениваются по пятибальной шкале:

«отлично» – в логическом рассуждении и решении нет ошибок, задача решена рациональным способом;

«хорошо» – в логическом рассуждении и решения нет существенных ошибок, но задача решена нерациональным способом, или допущено не более двух несущественных ошибок.

«удовлетворительно» – в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущена существенная ошибка в математических расчетах.

«неудовлетворительно» – имеются существенные ошибки в логическом рассуждении и в решении. Отсутствие ответа на задание.

Требования к оформлению отчетного материала:

Задания выполняются в рабочей тетради.

Форма контроля:

Проверка рабочей тетради преподавателем.

В табл. 1 представлен перечень практических занятий.

Таблица 1

Перечень практических занятий

№	Тема (последовательно в соответствии с рабочей программой)	Вид, номер и название работы (из тематического плана рабочей программы)	Коды общих и профессиональных компетенций (из тематического плана рабочей программы)	Количество часов (из тематического плана рабочей программы)

Семестр 4				
1	Тема 1.2 Агрегатное состояние вещества	Практическая работа №1 Решение задач по теме «Агрегатное состояние вещества». Решение задач по теме «Законы идеального газа».	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3, ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3	2
2		Практическая работа №2 Решение задач по теме «Реальные газы». Решение задач по темам «Поверхностное натяжение», «Вязкость жидкостей».	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3, ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3	2
3	Тема 1.3 Термодинамика и термохимия	Практическая работа №3 Решение задач по теме «Законы термодинамики». Решение задач по теме «Термодинамические расчеты».	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3, ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3	2
4	Тема 1.4 Фазовое равновесие и растворы	Практическая работа №4 Решение задач по теме «Растворы»	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3, ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3	2
5	Тема 1.5 Химическая кинетика и катализ	Практическая работа №5 Решение задач по теме «Скорость химических реакций». Решение задач по теме «Кинетические уравнения».	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3, ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3	2

6	Тема 1.6 Химическое равновесие	Практическая работа №6 Решение задач по теме «Закон действующих масс». Решение задач по теме «рН. Буферные растворы».	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3, ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3	2
7	Тема 1.6 Химическое равновесие	Практическая работа №7 Определение произведения растворимости малорастворимых солей	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3, ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3	2
8	Тема 2.1 Электрохимия	Практическая работа №8 Решение задач по теме «Электродные потенциалы». Решение задач по теме «Законы электролиза».	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3, ПК 3.1, ПК 3.2, ПК 3.3	2
	Итого			16

Практическое занятие № 1

Решение задач по теме «Агрегатное состояние вещества».

Решение задач по теме «Законы идеального газа»

Тема 1.2 Агрегатное состояние вещества

Количество часов на выполнение: 2 часа.

Цель работы: научиться решать задачи по теме «Агрегатное состояние вещества» и по теме «Законы идеального газа».

Рабочие формулы:

Молярная теплота испарения:

$$L_{\text{исп}} = K_{\text{кип}} \cdot T_{\text{кип}}$$

где

$K_{\text{кип}}$ – коэффициент пропорциональности, равный для большинства неассоциированных жидкостей 88-92 Дж/(моль•К);

$T_{\text{кип}}$ – нормальная температура кипения, К.

Удельная теплота испарения:

$$L_{\text{исп}}$$

где

$$l_{\text{исп}} = \frac{L_{\text{исп}}}{M}$$

=

$L_{\text{исп}}$ – молярная теплота испарения, Дж/моль;

M – молярная масса вещества, г/моль.

Количество теплоты при кипении или конденсации:

$$Q = l \cdot m$$

где

l – удельная теплота испарения, Дж/г;

m – масса вещества, г (кг).

закон Бойля-Мариотта (при $t = \text{const}$):

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

где

p_1 и p_2 – давление, Па;

V_1 и V_2 – объем, м³.

Закон Гей-Люссака (при $p = \text{const}$):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

где

V_1 и V_2 – объем, м³,

T_1 и T_2 – температура, К.

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

Закон Шарля (при $V = \text{const}$):

где

C_1 и C_2 – концентрации газов, кмоль/м³;

T_1 и T_2 – температура, К.

Задача 1.

Определить молярную и удельную теплоты испарения $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ при $K_{\text{кип}}=91$, используя данные приложения 2.

Задача 2.

Определить молярную и удельную теплоты испарения четыреххлористого углерода CCl_4 при $K_{\text{кип}}=91$, используя данные приложения 2.

Задача 3.

Определить молярную и удельную теплоты испарения сероуглерода при $K_{\text{кип}}=91$, используя данные приложения 2. Определить какое примерно количество теплоты расходуется на испарение 25 кг сероуглерода.

Задача 4.

Газ под давлением $1,2 \cdot 10^5$ Па занимает объем 4,5 л. Какого будет давление если, не изменяя температуры, увеличить объем до 0,0055 м³?

Задача 5.

Вычислить объем дымовых газов (V_1 , м³) при нормальном давлении (p_1 , Па), если их объем при давлении (p_2 , Па) и постоянной температуре равен (V_2 , м³). Параметры p_2 и V_2 взять из *табл. 2* в соответствии со своим вариантом.

Таблица 2

Параметры	Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3	Вариант № 4
p_2 , Па	$9,888 \cdot 10^4$	$11,454 \cdot 10^4$	$15,222 \cdot 10^4$	$18,1212 \cdot 10^4$
V_2 , м ³	10	12	16	19

Задача 6.

При (t_1 , °C) газ занимает объем (V_1 , м³). Какой объем займет этот же газ при (t_2 , °C) если давление останется неизменным. Параметры t_1 , V_1 и t_2 взять из *табл. 3* в соответствии со своим вариантом.

Таблица 3

Параметры	Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3	Вариант № 4
t_1 , °C	17	20	25	32
V_1 , м ³	680	710	735	780
t_2 , °C	100	100	100	100

Задача 7.

При 27 °C объем газа 16 м³. До какой температуры нужно нагреть газ при постоянном давлении, чтобы объем его увеличился до 20 м³?

Задача 8.

При некотором давлении концентрация кислорода равна $0,1 \text{ кмоль/м}^3$.
Вычислить, какая при этом была температура, если при 0°C и том же давлении концентрация кислорода составляла $0,471 \text{ кмоль/м}^3$.

Практическое занятие № 2

Решение задач по теме «Реальные газы».

**Решение задач по темам «Поверхностное натяжение»,
«Вязкость жидкостей».**

Тема 1.2 Агрегатное состояние вещества

Количество часов на выполнение: 2 часа.

Цель работы: научиться решать задачи по теме «Реальные газы» и по темам «Поверхностное натяжение» и «Вязкость жидкостей».

Рабочие формулы
Уравнение Клапейрона-Менделеева для идеального газа:

$$pV = nRT$$

где

P – давление, Па;

V – объем, м³;

R – универсальная газовая постоянная ($R=8,314 \cdot 10^3$ Дж/(кмоль·К));

T – абсолютная температура, К.

Уравнение Ван-дер-Ваальса

$$\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$$

где

p – давление, Па;

V – объем 1 кмоль газа, м³;

a – постоянная, учитывающая взаимное притяжение молекул газа, Дж·м³/кмоль²;

b – постоянная, учитывающая собственный объем молекул, м³/кмоль.

Уравнение Клапейрона-Менделеева с введением поправочного коэффициента z_{cc} – коэффициент сжимаемости (применяется в области температур ниже критических и при объемах одного киломоля менее 0,3 м³

$$pV = z_{cc} \cdot R \cdot T$$

откуда $z_{cc} = \frac{pV}{R \cdot T}$, коэффициент сжимаемости представляет собой функцию приведенного давления π и приведенной температуры τ :

$$\pi = \frac{p}{p_{кр}} \quad \tau = \frac{T}{T_{кр}}$$

где

p – давление газа, Па;

T – абсолютная температура газа, К;

$p_{кр}$ – критическое давление газа, Па;

$T_{кр}$ – критическая температура газа, К.

Коэффициент сжимаемости определяют либо графическим путем, или рассчитывают, используя таблицу значений z_c (Приложение 1).

Поверхностное натяжение

$$\frac{\sigma_{H_2O} \cdot m_{ж} \cdot n_{H_2O}}{(m_{H_2O} \cdot n_{ж})}, \text{ Н/м}$$

где:

$$\sigma_{ж} \quad (m_{H_2O} \cdot n_{ж})$$

=

σ_{H_2O} – поверхностное натяжение воды, Н/м;

$m_{ж}$ – масса жидкости,

n_{H_2O} – число капель воды,

m_{H_2O} – масса воды,

$n_{\text{ж}}$ – число капель жидкости.

$$\frac{r \cdot h \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g}{2}$$

где:

$$\sigma_{\text{ж}} = \frac{2}{r} \cdot \text{м}$$

r – радиус капилляра-стадиометра, м;

h – высота поднятия жидкости в капилляре, м;
 $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м³; g –
 ускорение, м/с.

$$\frac{\mu_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot \tau_{\text{ж}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \tau_{\text{H}_2\text{O}}}, \text{Па} \cdot \text{с}$$

где:

$$\mu_{\text{ж}} = (\rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \tau_{\text{H}_2\text{O}})$$

$\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ – вязкость воды, Па·с;

$\rho_{\text{ж}}, \rho_{\text{H}_2\text{O}}$ – плотность жидкости, плотность воды, кг/м³;

$\tau_{\text{ж}}, \tau_{\text{H}_2\text{O}}$ – время истечения жидкости и воды, с.

Задача 1.

Вычислить давление, которое создает 1 кмоль диоксида серы, находящегося в объеме 10 м³ при 100 °С, используя для этого уравнения состояния идеального и реального газов. Сопоставить полученные результаты и сделать заключение о возможности применения в расчетах при заданных условиях уравнения Клапейрона-Менделеева. ($\alpha_{\text{SO}_2} =$

$$0,676 \text{ Дж} \cdot \text{м}^3 / \text{кмоль}, \quad = 0,0565 \text{ м}^3 / \text{кмоль})$$

b_{SO_2}

Задача 2.

По уравнению Ван-дер-Ваальса вычислить давление 1 кмоль аммиака при 200 °С, находящегося в сосуде вместимостью 500 л. Насколько найденное давление (%) отличается от вычисленной величины по уравнению состояния идеального газа?

Задача 3.

По уравнению Ван-дер-Ваальса вычислить температуру, при которой объем 1 кмоль сероводорода под давлением $6,66 \cdot 10^6$ Па станет равным 500 л.

Задача 4.

Определить объем 1 кмоль диоксида углерода при 200 °С и $1,477 \cdot 10^8$ Па (учесть коэффициент сжимаемости газа при заданных условиях).

$$T_{\text{кр}}(\text{CO}_2)=31,1\text{ }^{\circ}\text{C}, P_{\text{кр}}(\text{CO}_2)= 73,8 \text{ бар.}$$

Задача 5 (пример решения).

Вычислить поверхностное натяжение толуола при 50 °С, если при медленном его выпуске из сталагмометра масса 38 капель составила 1,4864 г. При выпуске из того же сталагмометра воды при той же температуре масса 25 капель ее оказалась равной 2,6570 г. Сравнить полученный результат с табличным значением $\sigma_{\text{тол}}$.

Дано: **Решение:**

$$t = 50^\circ\text{C}$$

$$n_{\text{тол}} = 38$$

$$m_{\text{тол}} = 1,4864 \text{ г}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 25$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 2,6570 \text{ г}$$

Найти: $\sigma_{\text{тол}}$

Решение:

Для решения задачи используем формулу:

$$\sigma_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{ж}}}{n_{\text{H}_2\text{O}}}, \text{ Н/м}$$

где

$$\sigma_{\text{ж}} = \frac{m_{\text{тол}}}{n_{\text{тол}}}$$

=

$\sigma_{\text{H}_2\text{O}}$ – поверхностное натяжение воды,

$m_{\text{ж}}$ – масса толуола,

$n_{\text{H}_2\text{O}}$ – число капель воды,

$m_{\text{H}_2\text{O}}$ – масса воды,

$n_{\text{ж}}$ – число капель толуола.

Значение $\sigma_{\text{H}_2\text{O}}$ берем из таблицы «Поверхностное натяжение органических жидкостей в зависимости от температуры», $\sigma_{\text{H}_2\text{O}}^{55^\circ\text{C}} = 66,66 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$

22

–33, Н/м

Подставляем все данные в формулу:

$$\sigma_{\text{тол}} = \frac{66,91 \cdot 10^{-3} \cdot 1,4864 \cdot 25}{(2,6570 \cdot 38)} = 24,993 \approx 25, \text{ Н/м}$$

Табличное значение $\sigma_{\text{тол}}^{50^\circ\text{C}}$

= 25,04 Н/м

Ответ: 25 Н/м; табличное значение $50^{\circ}\text{C} = 25,04 \text{ Н/м}$.

Задача 6.

Из сталагмометра при 24°C выпускали последовательно воду и три разных раствора этилового спирта в воде. При этом общая масса соответственно выпущенных жидкостей соответственно была равна 4,6386; 4,6162; 4,6218 и 4,3918, а число капель – 29; 41; 57 и 75. Вычислить поверхностное натяжение каждого из растворов спирта.

$$\text{Значение } \sigma_{\text{нн 00}}^{24^\circ\text{C}} = 72,126 \cdot 10^{-3}, \text{ Н/м}$$

Задача 7.

Поверхностное натяжение метилового спирта при 20 °С равно $22,6 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Чему равен радиус капилляра, в котором жидкость сможет подняться на высоту 1,5 см? Плотность метилового спирта равна 792 кг/м^3 .

Задача 8.

Вычислить вязкость раствора спирта при 22 °С, если он протекает через вискозиметр за 6 мин 38 с, а для того же объема воды при тех же условиях требуется 1 мин 45 с. Плотность раствора 809 кг/м^3 . Вязкость воды при 22 °С $0,9579 \text{ мПа} \cdot \text{с}$

Задача 9.

Вычислить поверхностное натяжение ацетона при 20 °С, учитывая что в капиллярной трубке радиусом 0,0234 см ацетон поднимается на высоту 2,56 см. Плотность ацетона при 20 °С $790,5 \text{ кг/м}^3$.

Практическое занятие № 3

Решение задач по теме «Законы термодинамики».

Решение задач по теме «Термодинамические расчеты».

Тема 1.3 Термодинамика и термохимия

Количество часов на выполнение: 2 часа.

Цель работы: научиться решать задачи по теме «Законы термодинамики» и по теме «Термодинамические расчеты».

Рабочие формулы:

Массовая теплоемкость

c

—, кДж/(кг · К)

$$c = \frac{C}{M}$$

где

C — молярная теплоемкость, кДж/(кмоль · К);

M — молярная масса вещества, кг/моль.

Количество теплоты при нагревании/охлаждении:

$$Q = mcs\Delta T, \text{ кДж}$$

где

m — масса вещества, кг;

c – массовая теплоемкость вещества, кДж/(кг · К);
 ΔT – разность температур, К.

Теплоемкость сплава

где $C_{\text{вещ}} = \sum n_i C_{i, \text{вещ}}$ кДж/(кмоль · К)
 $C_{\text{вещ}}$ – теплоемкость твердого вещества, кДж/(кмоль · К);
 n – доля элемента, входящего в данное вещество;
 C_i – теплоемкость данного элемента в соединении.

Первый закон термодинамики

$$Q = \Delta U + A$$

где ΔU – изменение внутренней энергии, Дж;
 A – работа, Дж.

Работа при изобарном расширении от V_1 до V_2 ($p = \text{const}$)

или $A_p = p \cdot (V_2 - V_1)$

Работа при изохорном процессе $V = \text{const}$, $V_1 = V_2$, а $\Delta V = 0$, тогда

$$A_V = 0$$

Работа при изотермическом процессе $T = \text{const}$. Работа расширения 1 кмоль газа равна:

$$A_T = 2,303 R T \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = 2,303 R T \ln \left(\frac{C_{p1}}{C_{p2}} \right) = 2,303 R T \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$$

Второй закон термодинамики

$$A = Q_1 - Q_2$$

Термический коэффициент полезного действия

$$\eta_{\text{т}} = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$$

Термический коэффициент полезного действия для идеальной машины Карно

$$\eta_{tt} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$$

Задача 1 (пример решения).

Определить теплоту, которую отдадут 100 кг паров метилового спирта при охлаждении от 200 °С до 100 °С при нормальном давлении.

Решение: количество выделяемой теплоты рассчитаем, определив среднюю массовую теплоемкость паров метилового спирта от 0 °С до 200 °С и от 0 °С до 100 °С. Подсчитав относительные количества теплоты при $t_1 = 200$ °С и при $t_2 = 100$ °С (с учетом массы паров, вычитают одно из другого. Табличные значения средних молярных теплоемкостей для CH_3OH при нормальном давлении: $\bar{c}_{p1}^{200^\circ\text{C}} = 57$ кДж/(кмоль · К) и $\bar{c}_{p2}^{100^\circ\text{C}} = 53,7$ кДж/(кмоль · К), согласно формуле $\bar{c}_m = \frac{\bar{c}_p}{M}$, —

$$\begin{aligned} \bar{c}_{m1}^{200^\circ\text{C}} &= \frac{\bar{c}_{p1}^{200^\circ\text{C}}}{M} = \frac{57}{32} = 1,78 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)} \\ \bar{c}_{m2}^{100^\circ\text{C}} &= \frac{\bar{c}_{p2}^{100^\circ\text{C}}}{M} = \frac{53,7}{32} = 1,68 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)} \end{aligned}$$

$$Q = 100 \cdot \bar{c}_{m1}^{200^\circ\text{C}} \cdot 200 - 100 \cdot \bar{c}_{m2}^{100^\circ\text{C}} \cdot 100 = 100 \cdot (1,78 \cdot 200 - 1,68 \cdot 100) = 18800 \text{ кДж}$$

Ответ: 18800 кДж

Задача 2.

Вычислить массовую теплоемкость сплава состава (масс. доли, %): Вi 50,7; Pb 25,0; Cd 10,1; Sn 14,2, если $\bar{c}_m^{298}$ [кДж/(кг · К)] для висмута 0,122, свинца 0,129, кадмия 0,231, олова 0,221.

Задача 3.

Вычислить количество теплоты, отданное 150 кг паров этилового спирта при охлаждении их от 400 °С до 100 °С. При нормальном давлении. Средние молярные теплоемкости от 0 до t °С для спирта ($\bar{c}_p$) при температурах 100 до 400 °С соответственно равны 80,5 и 97,2 кДж/(кмоль · К) (давление нормальное).

Задача 4.

Какое количество теплоты потребуется для нагревания 50 кг этилена от 200 °С до 500 °С при нормальном давлении? Средние молярные теплоемкости этилена, [кДж/(кмоль · К)]: $\bar{c}_{pH}^{200^\circ\text{C}} = 48,6$; $\bar{c}_{pH}^{500^\circ\text{C}} = 62,5$.

500 °C

2 4

2 4

Задача 5.

Рассчитать к.п.д. идеальной машины Карно, получающей пар при 140 °С и выпускающей его при 105 °С.

Задача 6.

К газу при круговом процессе подведено 270 кДж теплоты. Термический КПД равен 0,48. Определите работу цикла и количество теплоты, отданное теплоприемнику.

Практическое занятие № 4

Решение задач по теме «Растворы»

Тема 1.4 Фазовое равновесие и растворы

Количество часов на выполнение: 2 часа.

Цель работы: научиться решать задачи по теме «Растворы»

Рабочие формулы:

Уравнение правила фаз

где $\Phi + C = K + 2$
 Φ – число фаз;
 K – число компонентов;
 C – число степеней свободы.

Число степеней свободы $C = K + 2 - \Phi$

Число степеней свободы для конденсированных систем, состоящих только из твердых и жидких фаз (если в системе температура (или давление) сохраняется постоянной)

Мольная доля растворенного вещества $C = K + 1 - \Phi$

$$n_{bb} = \frac{m_{bb}}{m_{bb} + m_{aa}}$$

где n_{bb} – число молей растворенного вещества;

n_{aa} – число молей растворителя

Задача 1.

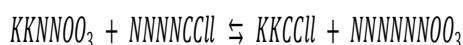
Вычислить максимальное число степеней свободы и максимальное число фаз, находящиеся в равновесии в однокомпонентной и двухкомпонентной системах.

Задача 2.

Чему равны максимальное число степеней свободы и максимальное число фаз, находящиеся в равновесии в трехкомпонентной системе.

Задача 3.

При растворении KNO_3 и NaCl в воде и в расплаве возможна реакция:



Определить число степеней свободы системы, если раствор KNO_3 и NaCl находится в равновесии с водяными парами и кристаллами KNO_3 . Сколько степеней свободы будет в расплаве солей KNO_3 и NaCl , находящихся в равновесии с кристаллами KNO_3 ?

Задача 4.

По диаграмме охлаждения чистого нелетучего металла (рис. 1) определить число степеней свободы системы на участках AB, BC и CD.

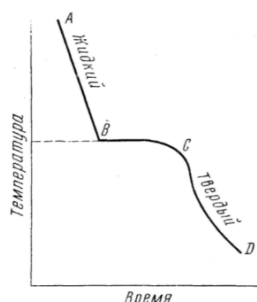


Рисунок 1 – Диаграмма охлаждения чистого металла

Задача 5.

Определить нормальность раствора серной кислоты, если массовая доля H_2SO_4 0,30 (30%). Плотность раствора равна $1,224 \text{ г/см}^3$.

Задача 6.

Вычислить молярные доли воды и спирта в водном растворе спирта, если массовая доля спирта 0,4 (40%).

Задача 7.

Вычислить молярность раствора поваренной соли, если массовая доля NaCl 0,005 (0,5%). Плотность раствора 1.

Задача 8.

Смешано 20 г. бензола, 10 г. этилового спирта и 50 г. ацетона. Чему равны массовые доли указанных веществ в растворе?

Практическое занятие № 5

Решение задач по теме «Скорость химических реакций».

Решение задач по теме «Кинетические уравнения».

Тема 1.5 Химическая кинетика и катализ

Количество часов на выполнение: 2 часа.

Цель работы: научиться решать задачи по теме «Скорость химических реакций» и по теме «Кинетические уравнения».

Рабочие формулы:

Скорость химической реакции

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

где

v – скорость химической реакции, моль/л · мин
 Δc – изменение концентрации реагирующего вещества за время Δt

($\Delta c > 0$)

Закон действующих масс

где

$$v = k \cdot [A] \cdot [B]$$

v – скорость реакции, моль/л · мин

k – константа скорости

$[A]$ и $[B]$ – концентрации реагирующих веществ, моль/л.

Скорость химической реакции (при взаимодействии двух или нескольких молекул одного вещества с молекулой другого вещества

$$v = k \cdot [A]^m \cdot [B]^n$$

где

k – константа скорости,

$[A]$ и $[B]$ – концентрации реагирующих веществ, моль/л;

m и n – количество молекул веществ.

Правило Вант-Гоффа

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

где

$$v_{t_2}$$

v_{t_1} и v_{t_2} – скорости реакций, соответственно при конечной t_2 и начальной t_1 температурах;

γ – температурный коэффициент реакции, который показывает, во сколько раз увеличивается скорость реакции с повышением температуры реагирующих веществ на 10 градусов.

Задача 1.

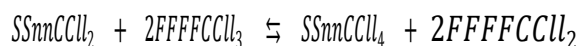
Как изменится скорость прямой и обратной реакции $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ при увеличении давления в три раза при постоянной температуре?

Задача 2.

Во сколько раз увеличится скорость прямой реакции $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$, протекающей в закрытом сосуде, если увеличить давление в пять раз без изменения температуры?

Задача 3.

В растворе, содержащем 1 моль хлорида олова (II) и 2 моль хлорида железа (III), протекает реакция по уравнению:



Во сколько раз уменьшится скорость прямой реакции после того, как прореагирует 0,65 моль SnCl_2 ?

Задача 4.

Реакция между веществами А и В протекает по уравнению $\text{A} + 2\text{B} = \text{C}$. Концентрация вещества А равна 1,5 моль/л, а В – 3 моль/л. Константа скорости реакции равна 0,4. Вычислить скорость химической реакции в начальный момент времени и по истечении некоторого времени, когда прореагирует 75 % А.

Задача 5.

Взаимодействие между окисью углерода и хлором идет по уравнению



Концентрация окиси углерода 0,3 моль/л, а хлора 0,2 моль/л. Как изменится скорость химической реакции, если увеличить концентрацию хлора до 0,6 моль/л, а концентрацию окиси углерода до 1,2 моль/л?

Задача 6.

При 150 °С некоторая реакция заканчивается в 16 мин. Принимая температурный коэффициент равным 2,5, рассчитайте, через какое время закончилась бы эта же реакция при 200 °С.

Практическое занятие № 6

Решение задач по теме «Закон действующих масс».

Решение задач по теме «рН. Буферные растворы».

Тема 1.6 Химическое равновесие

Количество часов на выполнение: 2 часа.

Цель работы: научиться решать задачи по теме «Закон действующих масс» и по теме «рН. Буферные растворы».

Рабочие формулы:

Константа диссоциации воды
$$K_K = \frac{a_{H^+} \cdot a_{OH^-}}{a_{H_2O}}$$

где a_{H^+} и a_{OH^-} - активность ионов водорода и гидроксид-ионов,

a_{H_2O} - активность недиссоциированных молекул воды.

Для чистой воды или для разбавленных растворов:

Ионное произведение воды
$$K_K = \frac{C_{H^+} \cdot C_{OH^-}}{C_{H_2O}}$$

Водородный показатель
$$pH = -\lg a_{H^+} = -\lg \frac{C_{H^+}}{C_{H_2O}}$$

где a_{H^+} - активность ионов водорода

Константа диссоциации
$$K_K = \frac{C_{соли} \cdot C_{H^+}}{C_{кислоты}}$$

Концентрация ионов водорода
$$C_{H^+} = K_K \cdot \frac{C_{соли}}{C_{кислоты}}$$

Буферная ёмкость
$$B = \frac{C \cdot V}{C \cdot V + C_{H^+} \cdot V_{буф}}$$

где

B – буферная емкость;
$$B = (pH_1 - pH_2) \cdot W_{буф}$$

C – концентрация сильной кислоты или сильного основания, кмоль/м³;

V – объем добавленной кислоты или основания, м³;

$V_{буф}$ – объем буферного раствора, м³;

pH_1 и pH_2 – водородные показатели соответственно до и после добавления сильной кислоты или сильного основания.

Задача 1.

Рассчитайте pH 0,005 М раствора серной кислоты.

Задача 2.

Рассчитайте pH 0,1 М раствора гидроксида натрия.

Задача 3.

Рассчитайте pH буферного раствора, состоящего из 0,1 М уксусной кислоты и 0,1 М ацетата натрия.

Задача 4.

Рассчитайте pH буферного раствора, состоящего из 0,10 М аммиака и 0,20 М хлорида аммония.

Задача 5.

Рассчитайте pH 0,001 М раствора азотной кислоты.

Задача 6.

Смешали 200 мл 0,2 М раствора H_2SO_4 и 300 мл 0,1 М раствора $NaOH$. Рассчитайте pH образовавшегося раствора и концентрации ионов Na^+ и в этом растворе.

SS00₄

Практическое занятие № 7**Определение произведения растворимости малорастворимых солей**

Тема 1.6 Химическое равновесие

Количество часов на выполнение: 2 часа.

Цель работы: научиться определять произведения растворимости малорастворимых солей.

Рабочие формулы

Произведение растворимости малорастворимых вещества

$$PP = [AA^{zz+}]^nn \cdot [BB^{xx-}]^mm$$

где

$[A^{z+}]$ - концентрация иона A^{z+} ;

$[B^{x-}]$ - концентрация иона B^{x-} .

Задача 1.

Произведение растворимости BaF_2 при 18°C равно $1,7 \cdot 10^{-6}$. Рассчитайте концентрацию ионов Ba^{+2} и F^- в насыщенном растворе BaF_2 при этой температуре.

Задача 2.

Растворимость Ag_3PO_4 в воде при 20°C равна $0,0065 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$. Рассчитайте значение произведения растворимости.

Задача 3.

Вычислить произведение растворимости иодида серебра AgI , если растворимость этой соли при температуре 25°C равна $2,865 \cdot 10^{-6} \text{ г} / \text{л}$.

Задача 4.

Вычислить произведение растворимости Ag_2CrO_4 , если в 100 мл насыщенного раствора его содержится 0,002156 г.

Задача 5.

Растворимость CaCO_3 при 35°C равна $6,9 \cdot 10^{-5} \text{ моль} / \text{л}$. Вычислить произведение растворимости этой соли.

Задача 6.

Вычислить произведение растворимости RbBr_2 при 25°C , если растворимость соли при этой температуре равна $1,32 \cdot 10^{-2} \text{ моль} / \text{л}$.

Задача 7.

В 500 мл воды при 18°C растворяется 0,0166 г Ag_2CrO_4 . Чему равно произведение растворимости этой соли?

Задача 8.

Для растворения 1,16 г PbI_2 потребовалось 2 л воды. Найти произведение растворимости соли.

Практическое занятие № 8

Решение задач по теме «Электродные потенциалы».

Решение задач по теме «Законы электролиза».

Тема 2.1 Электрохимия

Количество часов на выполнение: 2 часа.

Цель работы: научиться решать задачи по теме «Электродные потенциалы» и по теме «Законы электролиза».

Рабочие формулы:

Потенциал металлического электрода, погруженного в раствор соли

того же металла с активностью ионов $a_{M^{n+}}$

при 25 °С

при 18 °С

$$E_{M/M^{n+}}^0 = E_{M/M^{n+}}^0 + \frac{0.059}{n} \lg a_{M^{n+}}$$

где

$$E_{M/M^{n+}}^0 = E_{M/M^{n+}}^0 + \frac{0.058}{n} \lg a_{M^{n+}}$$

$E_{M/M^{n+}}^0$ — нормальный электродный потенциал, В;

n — число электронов, участвующих в электрохимической реакции.

Э.Д.С. гальванического элемента (при 25 °С)

$$E = E_1 - E_2 = E_1^0 - E_2^0 + \frac{0.059}{n_1} \lg a_1 - \frac{0.059}{n_2} \lg a_2$$

где

E_0 и E_0 — нормальные потенциалы электродов, В, находятся по таблице ряда напряжений;

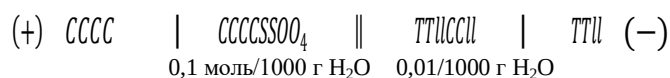
a_1 и a_2 — активности (для разбавленных растворов концентраций) ионов в растворах

Задача 1.

Вычислить потенциал медного электрода в растворе, содержащем 0,16 г. CuSO_4 в 200 см³ воды при 25 °С. Коэффициент активности $\gamma_{\pm}$ и стандартный электродный потенциал находим из приложений 3 и 4 соответственно.

Задача 2.

Вычислить э.д.с. гальванического элемента при 25 °С:



Задача 3.

Вычислить потенциал серебряного электрода в 1 М AgNO_3 при 25 °С.

Коэффициент активности $\gamma_{\pm}$ найти в приложении 3.

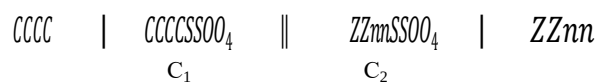
Задача 4.

При 25 °С потенциал медного электрода погруженного в раствор $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ с активностью ионов меди 0,0202, равен 0,29 В. Вычислить

нормальный электродный потенциал меди по отношению к нормальному водородному электроду.

Задача 5.

Вычислить э.д.с. гальванического элемента при 25 °С:



Концентрация сульфата кадмия в растворе $\text{C}_1=0,1$ моль/1000 г H_2O , а сульфата цинка 0,2 моль/1000 г H_2O .

Характеристики некоторых газов *

Газ	Химическая формула	Молекулярная масса	Плотность при нормальном давлении, кг/м³	Молярный объем, м³/кмоль	Константы уравнения Ван-дер-Ваальса	
					a , Дж × м³/кмоль	b , м³/кмоль
Азот	N ₂	28,02	1,25156	22,402	0,1363	0,0385
Пероксид азота	N ₂ O ₄	92,02	4,1126	22,370	—	—
Аммиак	NH ₃	17,03	0,7708	22,094	0,423	0,0373
Аргон	Ar	39,94	1,7809	22,4	0,137	0,0375
Ацетилен	C ₂ H ₂	26,02	1,1791	22,14	0,437	0,0512
Воздух	—	28,96	1,2928	22,4	0,135	0,0366
Водород	H ₂	2,01	0,08987	22,429	0,0284	0,0219
Водяные пары	H ₂ O	18,02	1,00	22,12	0,555	0,0326
Гелий	He	4,0	0,178	22,4	0,00345	0,0237
Оксид азота (IV)	NO ₂	46,01	2,055	22,37	0,645	0,0532
Оксид азота (I)	N ₂ O	44,02	1,9778	22,26	0,365	0,0416
Кислород	O ₂	32,00	1,42892	22,394	0,138	0,0318
Метан	CH ₄	16,03	0,7168	22,368	0,228	0,0428
Оксид азота (II)	NO	30,01	1,3402	22,391	0,144	0,0296
Оксид углерода	CO	28,0	1,2504	22,397	0,148	0,0394
Пропилен	C ₃ H ₆	42,08	1,915	22,00	—	—
Диоксид серы	SO ₂	64,07	2,9266	21,89	0,676	0,0565
Сероводород	H ₂ S	34,09	1,5392	22,16	0,545	0,0520
Диоксид углерода	CO ₂	44,00	1,9769	22,26	0,365	0,0427
Хлор	Cl ₂	70,92	3,214	22,366	0,659	0,0562
Хлористый водород	HCl	36,47	1,6392	22,29	0,370	0,0408
Этан	C ₂ H ₆	30,03	1,3565	21,16	—	—
Этилен	C ₂ H ₄	28,05	1,2606	22,26	0,455	0,0572

* Для равновесного состояния.

Эбулиоскопические константы некоторых растворителей

Растворитель	Т. кип., °С	E_k	Растворитель	Т. кип., °С	E_k
Анилин	184,4	3,69	Уксусная кисло-		
Ацетон	56	1,5	та	118,4	3,1
Бензол	80,2	2,57	Фенол	181,2	3,60
Вода	100,0	0,516	Хлороформ	61,2	3,88
Метилацетат	57,0	2,06	Четыреххлори-		
Метиловый			стый углерод	76,7	5,3
спирт	64,7	0,84	Этилацетат	77,2	2,79
Нитробензол	210,9	5,27	Пиридин	115,4	2,69
Сероуглерод	46,3	2,29	Этиловый спирт	78,3	1,11
			Этиловый эфир	34,5	2,00

Нормальные электродные потенциалы при 25 °С

Электродная реакция	E° , В	Электродная реакция	E° , В
$\text{Li} \rightarrow \text{Li}^{+} + e$	-3,02	$\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2e$	-2,84
$\text{Rb} \rightarrow \text{Rb}^{+} + e$	-2,98	$\text{Na} \rightarrow \text{Na}^{+} + e$	-2,713
$\text{K} \rightarrow \text{K}^{+} + e$	-2,92	$\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e$	-2,38
$\text{Ba} \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2e$	-2,92	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e$	-1,66
$\text{Sr} \rightarrow \text{Sr}^{2+} + 2e$	-2,89	$\text{Mn} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2e$	-1,05
$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e$	-0,763	$\text{Bi} \rightarrow \text{Bi}^{3+} + 3e$	+0,23
$\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3e$	-0,71	$\text{As} \rightarrow \text{As}^{3+} + 3e$	+0,30
$\text{S}^{2-} \rightarrow \text{S} + 2e$	-0,51	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e$	+0,34
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e$	-0,441	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{+} + e$	+0,52
$\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2e$	-0,402	$\text{I}_2 (\text{тв}) + 2e \rightarrow 2\text{I}^{-}$	+0,536
$\text{Tl} \rightarrow \text{Tl}^{+} + e$	-0,335	$2\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}_2^{2+} + 2e$	+0,798
$\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2e$	-0,27	$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^{+} + e$	+0,799
$\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2e$	-0,23	$\text{Pd} \rightarrow \text{Pd}^{2+} + 2e$	+0,83
$\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2e$	-0,140	$\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}^{2+} + 2e$	+0,854
$\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2e$	-0,126	$\text{Br}_2 + 2e \rightarrow 2\text{Br}^{-}$	+1,066
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3e$	-0,036	$\text{Pt} \rightarrow \text{Pt}^{2+} + 2e$	+1,2
$1/2 \text{H}_2 \rightarrow \text{H}^{+} + e$	+0,000	$\text{Cl}_2 (\text{газ}) + 2e \rightarrow 2\text{Cl}^{-}$	+1,358
$\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 4e$	+0,050	$\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3e$	+1,42
$\text{Sb} \rightarrow \text{Sb}^{3+} + 3e$	+0,20	$\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{+} + e$	+1,7
		$\text{F}_2 (\text{газ}) + 2e \rightarrow 2\text{F}^{-}$	+2,85