

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 31.01.2021 00:20:48  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)  
Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 21 » \_\_\_\_\_ 2020 г.



### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

методические указания к выполнению к выполнению практической  
работы для студентов направлений 18.03.01 – Химическая технология  
и 04.03.01 - Химия

Курск 2020

УДК 541.1

Составитель С.Д. Пожидаева

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент Г.В. Бурых

**Практические работы по физической химии** : методические указания к выполнению практической работы для студентов направлений 18.03.01 – Химическая технология и 04.03.01 - Химия / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Д. Пожидаева. Курск, 2020. 21 с. рис. 2, табл. 3.

Содержат методические указания к выполнению практических работ.

Приведены задания для работы студентов, позволяющие усвоить и глубже понять теоретические положения курса, сформировать физико-химическое мышление, привить навыки решения конкретных физико-химических задач, научить доводить решение до конечного числового результата, привить ответственность за результат расчёта.

Методические указания соответствуют требованиям программы для студентов направлений 18.03.01 – Химическая технология и 04.03.01 – Химия.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *м. 02.2020*. Форма 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. *1.0*. Уч.-изд. л. *0.9*. Тираж 30 экз. Заказ. *02*. Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Практическая работа №1. Элементы учения о строении вещества. Поляризация. Рефракция.....	4
Практическая работа №2. Основные положения спектроскопии.....	6
Практическая работа №3. Первый закон термодинамики. Термодинамика.....	8
Практическая работа №4. Второй закон термодинамики.....	11
Практическая работа №5. Энергия Гиббса и Гельмгольца.....	13
Практическая работа №6. Химическое равновесие.....	14
Практическая работа №7. Фазовое равновесие одно- и двух-компонентных систем.....	16
Практическая работа №8. Гетерогенное равновесие в бинарных системах, содержащих жидкую и паровую фазы.....	18
Библиографический список.....	21

### Введение

Физическая химия служит теоретической основой повседневной практической деятельности современного химика. Решение задач помогает студенту усвоить и глубже понять теоретические положения курса. Сформировать физико-химическое мышление, привить навыки решения конкретных физико-химических задач, научить доводить решение до конечного числового результата, привить ответственность за результат расчёта – это важнейшее и весьма трудное в преподавании физической химии. Успех в этом не может быть достигнут без систематической самостоятельной работы студентов

Методические указания предназначены для закрепления теоретических знаний по физической химии, освоения методов физико-химического исследования, получения навыков математической обработки экспериментальных данных и объяснения выявленных закономерностей.

## *Практическая работа №1*

### **Элементы учения о строении вещества. Поляризация. Рефракция**

1. Поляризация и поляризуемость молекул. Назовите их составляющие.
2. Механизм возникновения электронной, атомной, ориентационной поляризации.
3. Формула Дебая для расчета поляризации. В каких единицах измеряется поляризация.
4. Зависимость поляризации от температуры. Поляризация каких веществ не зависит от температуры?
5. Как определяется поляризация под действием светового излучения?
6. Что такое рефракция молекул?
7. Как зависит рефракция от агрегатного состояния?
8. Покажите, что рефракция обладает свойством аддитивности.
9. Как из свойств аддитивности определить молярную рефракцию вещества?
10. Удельная рефракция и ее связь с молярной рефракцией.
11. Методика определения плотности вещества по известной плотности другого вещества.
12. Порядок работы на рефрактометре.
13. Порядок работы при идентификации органических соединений.
14. Привести уравнение Клаузиуса–Мосотти и объяснить, что за величины входят в него.
15. В чем состоит суть двух методов определения дипольных моментов молекул? Привести полное уравнение Дебая.
16. Какие величины измеряют экспериментально при определении дипольного момента молекул полярной жидкости? Написать необходимые формулы для расчета
17. Как влияет температура на отдельные виды поляризации?
18. Как, пользуясь таблицей атомных рефракций, рассчитать удельную и молярную рефракции вещества
19. Что такое удельная рефракция? Какая размерность у удельной рефракции в системе СГС и СИ?
20. Что такое молярная рефракция? Какая размерность у удельной рефракции в системе СГС и СИ?

21. Как рассчитать процентный состав смеси двух жидкостей, что для этого необходимо знать?

22. В каком поле имеет место электронная поляризация? В каких координатах должна быть представлена зависимость полной поляризации вещества от температуры, чтобы она была линейной.

23. Какой вид поляризации имеет место в постоянном электрическом поле, в электромагнитном поле высокой частоты? Почему? Рассмотреть подробно.

24. Что такое диэлектрическая проницаемость? Что она характеризует, как она связана с поляризуемостью молекул?

25. Что является мерой полярности молекулы? В каких единицах эта мера выражается в системе СИ и СГС?

26. Зависимость поляризации от температуры имеет вид  $\Pi = A + \frac{B}{T}$ . Какая это поляризация? Чему равны коэффициенты А и В, каков их смысл? Как определить их графически?

27. Какая величина рассчитывается по формуле:  $\frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2) \cdot \rho}$  какой ее физический смысл? Какова размерность этой величины?

28. Какие величины измеряют экспериментально при определении дипольного момента молекул полярной жидкости? Написать необходимые формулы для расчета.

Задания под контролем преподавателя

1. Определите поляризацию молекул нитробензола при 293 К на основании диэлектрической проницаемости и плотности.

2. Определите поляризацию молекул нитробензола при 298 К на основании показателя преломления и плотности.

3. Определите структуру соединения с эмпирической формулой  $C_3H_6O_2$ , если при 298 К показатель преломления равен 1,3869, а плотность 992 кг/м<sup>3</sup>

4. По значениям диэлектрической проницаемости растворов нитробензола при 298 К и плотности растворов при нескольких концентрациях (таблица 1):

Таблица 1 – Исходные данные для определения

$X_{НБ}$	0,0312	0,0704	0,1028
$\epsilon$	2,98	3,86	4,64
$\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>	0,885	0,901	0,914

определите поляризацию нитробензола при бесконечном разбавлении

5. Определите электронную поляризуемость нитробензола при 298 К, если молекулярная рефракция равна  $32,802 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

6. Определите электрический момент диполя молекулы нитробензола, если поляризация нитробензола при бесконечном разведении равна  $354,435 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$ , молярная рефракция равна  $32,802 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

7. По поляризации хлороформа, показателю преломления и плотности ( $n = 1,4456$ ,  $\rho = 1,4890 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ) определить дипольный момент хлороформа.

8. По показателю преломления и плотности ( $n = 1,4035$ ,  $\rho = 1,090 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ) пропилового эфира хлормуравьиной кислоты определить рефракцию и сравнить ее с значением, рассчитанным по правилу аддитивности.

9. По показателям преломления и плотности хлороформа ( $n = 1,4457$ ,  $\rho = 1,488 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ) и хлорбензола ( $n = 1,5248$ ,  $\rho = 1,110 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ) при 293 К и раствора хлороформа в хлорбензоле ( $n = 1,4930$ ,  $\rho = 1,260 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ) определить концентрацию хлороформа

### *Практическая работа №2*

#### **Основные положения спектроскопии**

1. На чем основаны фотометрические методы анализа?
2. Что такое спектры поглощения?
3. От чего зависит значение молярного коэффициента светопоглощения?
4. Каково назначение светофильтров, используемых в фотоколориметрии?
5. Как выглядит основной закон светопоглощения?
6. С какой целью измеряют оптическую плотность одного и того же раствора в кюветах с различной толщиной поглощающего слоя?
7. Что называют оптической плотностью раствора?
8. Какой из указанных факторов является основным, от которого зависит минимальная определяемая концентрация?

9. Какой (какие) фактор/ы не влияют на соблюдение основного закона светопоглощения?
10. От каких факторов не зависит молярный коэффициент поглощения?
11. Что происходит с веществами при поглощении электромагнитного светового излучения?
12. Какова сущность закона Бугера-Ламберта-Бера?
13. Какие методы определений используют в колориметрии?
14. Какие параметры характеризуют спектры поглощения веществ?
15. Методы измерения оптической плотности растворов.
16. Устройство и принцип работы прибора.
17. Законы поглощения света.
18. Закон Ламберта-Бугера-Бера. Причины отклонения от него.
19. Молекулярные спектры. Их характеристика и практическое значение.
20. Что является физической основой спектрального анализа?
21. Какие явления на молекулярном уровне определяют существование спектров поглощения веществ?
22. Какими способами можно производить определение концентрации раствора фотоколориметрическим методом?
23. Интенсивность полосы и ее зависимость от факторов.
24. Спектр испускания. Интенсивность линий в спектре
25. Спектр поглощения. Интенсивность линий в спектре
26. Поглощение монохроматического светового потока слоем вещества.
27. Допущения для определения величины истинного значения коэффициента погашения.
28. Назначение оптических кювет.
29. Определения критерия выполнения закона Ламберта-Бугера-Бера.
30. Молекулярные спектры.
31. Колебательные спектры. Их использование в физической химии.
32. Вращательные спектры. Их использование в физической химии.
33. Электронные спектры. Их использование в физической химии.
34. Выведите закон поглощения света. Как графически проиллюстрировать закон Бугера?
35. Как из опыта и графически определить толщину слоя половинного поглощения?

36. В чем суть закона Бера?
37. Каким образом определяются границы, в которых справедлив закон Бера?
38. Какие приборы необходимы для записи спектров поглощения?
39. Как определяется коэффициент пропускания?
40. Каким образом связаны между собой коэффициент пропускания и оптическая плотность раствора?
41. Что показывает оптическая плотность раствора?
42. Спектры. Интенсивность спектральных линий. Характеристики спектральных линий.

### *Практическая работа №3*

#### **Первый закон термодинамики. Термохимия**

1. Сформулируйте основные понятия: гомогенная, гетерогенная, однородная, неоднородная, изолированная, закрытая, открытая системы;
2. Сформулируйте основные понятия: термодинамический параметр; термодинамический процесс; функция состояния; круговой процесс;
3. Сформулируйте основные понятия: изотермический, изобарный, изохорный, адиабатный, обратимый, необратимый процессы;
4. Сформулируйте основные понятия: внутренняя энергия; энтальпия; тепловой эффект реакции.
5. Сформулируйте основные понятия теплоемкости: средней, истинной, изохорной, изобарной, мольной, атомной.
6. Взаимосвязь различных видов теплоемкостей.
7. Основные законы термохимии.
8. Определение постоянной калориметра электрическим методом.
9. Последовательность работы при определении теплоты нейтрализации.
10. Какие тепловые эффекты сопровождают процесс растворения соли.
11. Понятие реакции нейтрализации и теплоты нейтрализации. Какой процесс сопровождает реакцию нейтрализации? Как при этом определяется суммарный тепловой эффект реакции?
12. Написать выражение энтальпии для широкого интервала температур с учетом фазовых переходов.
13. Теплоты образования и сгорания веществ. Как записывается теп-

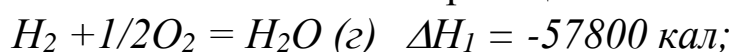


- ловый эффект через теплоты образования и сгорания?
14. Какие параметры характеризуют стандартное состояние вещества?
  15. Следствия из закона Гесса. Теплоты сгорания и теплоты образования.
  16. Эмпирические закономерности для термохимических расчетов.
  17. Сущность определения энергии кристаллической решетки методом Борна-Хабера.
  18. Закон Кирхгофа. Использование закона для определения теплового эффекта процесса. Температурные ряды теплоемкости.
  19. Значение основного закона термохимии.
  20. При каких условиях в калориметрических измерениях теплоту процесса отождествляют с энтальпией системы?
  21. Назовите единицы для измерения тепловых эффектов реакции и соотношение между ними.
  22. Теплота сгорания соединений и ее использование в термохимических расчетах. Каково устройство калориметра?
  23. В чем сущность определения теплоемкости калориметрической системы по теплоте разбавления серной кислоты?
  24. Зависимость теплоемкости от температуры, агрегатного состояния и концентрации вещества в растворе.
  25. Опишите конструкцию простейшего калориметра. Понятие тепловой постоянной калориметра.
  26. Изложите методику определения изменения температуры.
  27. Методика определения постоянной калориметра по  $KCl$ .
  28. Теплоемкость при постоянном объеме и при постоянном давлении. Какова их связь между собой?
  29. Каков физический смысл универсальной газовой постоянной, ее численное значение и размерность?
  30. Перечислить способы определения теплоемкости калориметрической системы.
  31. Для какой цели определяется теплоемкость калориметрической системы?
  32. Сформулировать теплоемкость калориметра.
  33. Теплоемкость калориметра и теплоемкость калориметрической системы. На какую величину они отличаются?
  34. Объяснить, почему знак теплового эффекта растворения зависит

- от природы растворяемого вещества. 2
35. В чем суть графического метода определения изменения температуры в процессе растворения солей?
36. 1. Каково различие между теплотой гидратации и теплотой гидратообразования? Способы их определения. Какое условие должно обязательно выполняться для точного определения этих теплот?
37. Какие известны способы определения теплоемкости калориметрической системы?
38. Методика определения теплоемкости калориметрической системы по известной теплоте растворения какой-либо соли.
39. Какая из двух солей: хлорид лития или хлорид натрия – будет растворяться с поглощением теплоты; с выделением теплоты? Почему это происходит? Воспользоваться справочником.
40. Эмпирические методы расчёта теплоёмкости.
41. Определение теплового эффекта реакции по энергии разрыва связи.
42. Определение теплового эффекта реакции с помощью эмпирических методов
43. Определение тепловых эффектов реакций по табличным данным о высокотемпературных составляющих.

#### Задания под контролем преподавателя

1. Определить атомной теплоты образования газообразной воды путем сопоставления теплот реакций

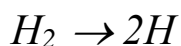


2. Определить энергии кристаллической решетки хлорида натрия.

3. У какой из солей энергия кристаллической решетки меньше: у хлорида одно- или двухвалентной меди? Радиус иона меди ( $1^+$ ) равен 0,096 нм, иона меди ( $2^+$ ) 0,072 нм, радиус иона хлора – 0,181 нм.

4. Рассчитать энергии связи C-H и C-C на основании следующих реакций:





$$\Delta H_4 = 103,05 \text{ ккал}$$

5. Получить выражение  $\Delta H(T)$  и вычислить  $\Delta H$  при температуре 1000К, для реакции синтеза аммиака из простых веществ, если: а) теплоёмкости от температуры не зависят; б) теплоёмкости от температуры зависят; в) использованием высокотемпературных составляющих.

6. Определить теплоёмкость аммиака эмпирическими методами: а) Неймана-Коппа; б) на основании атомно-групповых составляющих теплоёмкостей; в) используя квазистатическую теорию теплоёмкости.

7. Определить теплоту образования кристаллического хлорида висмута (III), зная, что теплота образования газообразного хлорида висмута (III) равна -270,7 кДж/моль, а теплота возгонки 113,39 кДж/моль.

8. Какое количество теплоты выделяется при превращении 1 кг красного фосфора в чёрный?

9. Вычислить тепловой эффект нагревания хлорида серебра от 298 до 1000 К, если при 728 К происходит плавление хлорида серебра, для твёрдого вещества принять, что теплоёмкость от температуры зависит, а для жидкого – не зависит.

### *Практическая работа №4*

#### **Второй закон термодинамики.**

1. Второго начало термодинамики. Формулировки закона.
2. Циклы: прямой и обратный. Термический и холодильный КПД.
3. Цикл и теорема Карно.
4. Второе начало и принцип существования энтропии.
5. Изменение энтропии для различных процессов.
6. Связь энтропии и вероятности состояния.
7. Что такое «вечный двигатель» второго рода и почему он невозможен?
8. Почему существование энергетического кризиса не противоречит закону сохранения энергии?
9. Как влияют тепловые двигатели на окружающую среду?
10. Какие вам известны способы уменьшения вредного влияния тепловых двигателей на окружающую среду?
11. Что означает необратимость процессов во времени?

12. В каких случаях процессы и явления можно считать практически обратимыми?
13. Может ли быть обратимым процесс, в котором трение играет существенную роль?
14. Раскройте содержание утверждения: «процесс теплопередачи является необратимым».
15. Сформулируйте второй закон термодинамики.
16. Может ли механическая работа совершаться только за счет охлаждения более холодного тела системы? Обоснуйте свой ответ.
17. Кто ввел в науку понятие энтропия?
18. На какой вопрос отвечает второй закон термодинамики?
19. Приведите математическое выражение 2 закона термодинамики.
20. Что такое «некомпенсированная теплота»? в чем неточность этого словосочетания?
21. Расскажите о дискуссии, посвященной тепловой смерти Вселенной, о демоне Максвелла.
22. Расскажите о статистическом характере энтропии.
23. Можно ли с точки зрения статистического толкования энтропии прийти к постулату Планка?
24. На основании каких опытов Нернстом была сформулирована тепловая теорема? В чем ее суть?
26. Можно ли каким-нибудь способом измерить энтропию?
27. Если в системе поддерживается постоянное давление, то как можно рассчитать изменение энтропии такой системы?
28. Как можно рассчитать изменение энтропии системы, если в системе наблюдается фазовый переход?
29. Абсолютное значение энтропии. Можно ли вычислить?

#### Задания под контролем преподавателя

1. Вычислить изменение энтропии при плавлении 3 моль уксусной кислоты, если температура плавления  $16,6^{\circ}\text{C}$ , а теплота плавления  $194 \text{ Дж/г}$ .
2. Определить изменение энтропии для реакции
 
$$2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{\text{газ}} = 2\text{CH}_3\text{COCH}_3 + 3\text{H}_2 + \text{CO}$$
 Значения энтропии для веществ приведены в справочнике.

3. Определите удельную теплоту плавления меди, если изменение энтропии при плавлении 100 г меди равно 1,28 Дж/К, а теплота плавления 1083 °С.

4. Вычислить изменение энтропии при нагревании хлорида серебра от 298 до 1000 К, если при 728 К происходит плавление хлорида серебра, для твёрдого вещества принять, что теплоёмкость от температуры зависит, а для жидкого – не зависит.

5. Определите  $\Delta S$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta U$  для процесса

$\text{H}_2\text{O}$  (1 моль, 20°С, 1 атм)  $\rightarrow$   $\text{H}_2\text{O}$  (1 моль, 250°С, 1 атм)

6. Определите изменение энтропии 1 моль сурьмы при температуре плавления 630,5°С, если теплота плавления 20 кДж/моль. Сравните с результатами расчётов по правилу Труттона.

### *Практическая работа №5*

#### **Энергия Гиббса и Гельмгольца.**

1. Фундаментальное уравнение Гиббса. Соотношения Максвелла.
2. Характеристические функции.
3. Энергия Гиббса как характеристическая функция и термодинамический потенциал.
4. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для энергии Гиббса.
5. Уравнения Тёмкина-Шварца
6. Связь калорического и термического уравнения состояния. Т
7. Термодинамическое описание многокомпонентных систем.
8. Парциальные мольные величины. Уравнение Гиббса-Дюгема.
9. Химический потенциал, его зависимость от Т и Р
10. Расчет энергии Гиббса.
11. Расчет энергии Гельмгольца.
12. Энергия Гиббса и Гельмгольца и ее использование для вычисления тепловых эффектов химических реакций.
13. Химический потенциал и его использование для выражения равновесных свойств газов.
14. Фугитивность, коэффициент фугитивности.
15. Активность и коэффициент активности.

#### **Задания под контролем преподавателя**

1. Определить изменение энергии Гиббса для реакции  
 $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{\text{газ}} = 2\text{CH}_3\text{COCH}_3 + 3\text{H}_2 + \text{CO}$ ,

Используя данные, приведённые в справочнике.

2. Благоприятствует ли реакции:  $\text{Ag} + \frac{1}{2} \text{Cl}_2 = \text{AgCl}$  повышение температуры?

3. Определите изменение энергии Гиббса при 400К для синтеза аммиака: а) по уравнению Тёмкина-Гиббса; б) при условии независимости энтропии от температуры.

4. Вычислите изменение энергии Гиббса при изобарическом нагревании 1 моль аммиака ( $P=1,01 \cdot 10^5$  Па) от 300 до 400 К, если  $C_p=f(T)$ .

5. Докажите, будет ли взаимодействовать водород с кислородом при 180К и  $P=1,01 \cdot 10^5$  Па.

### *Практическая работа №6*

#### **Химическое равновесие**

1. Химическое равновесие. Признаки химического равновесия.
2. Использование химического потенциала для выражения состояния равновесия.
3. Закон действующих масс.
4. Константа равновесия и факторы, влияющие на его сдвиг.
5. Мера химического сродства, уравнения изотермы химической реакции.
6. Константа равновесия и способы ее выражения.
7. Влияние факторов на сдвиг равновесия химической реакции.
8. Гетерогенное химическое равновесие.
9. Константа химического равновесия и ее связь с изменением энергии Гиббса реакции.
10. Уравнение изотермы химической реакции, его анализ.
11. Зависимость константы химического равновесия от температуры: уравнение изобары химической реакции, его анализ.
12. Смещение химического равновесия при изменении температуры, давления и концентрации. Принцип Ле-Шателье.
13. Вывод уравнения Клаузиуса-Клапейрона. Три формы записи уравнения Клаузиуса-Клапейрона.
14. Вычисление  $\Delta H$  фазового перехода по зависимости давления насыщенного пара от температуры.
15. Константа химического равновесия и способы ее выражения.

16. Расчет состава равновесной смеси, равновесной степени превращения исходных реагентов и равновесного выхода продуктов реакции.

17. Уравнение изотермы химической реакции. Термодинамические критерии химического равновесия и направления протекания химической реакции (при стандартных условиях, при произвольных начальных условиях).

18. Зависимость константы равновесия химической реакции от температуры.

19. Уравнение изобары Вант-Гоффа, его вывод, формы записи (дифференциальная и интегральная) и анализ.

20. Уравнение изохоры Вант-Гоффа.

21. Зависимость константы равновесия  $K_x$  химической реакции от давления. Уравнение Планка–Ван Лаара, его вывод и анализ.

22. Влияние различных факторов (температуры, давления, концентраций (парциальных давлений) участников химической реакции, введения в систему газообразных инертных примесей (или разбавления раствора растворителем)) на положение равновесия химической реакции.

#### Задания под контролем преподавателя

1. Для реакции  $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$  константа равновесия (выраженная через атмосферы) составляет 2,1 (400 К),  $5,1 \cdot 10^{-6}$  (700 К). По уравнению изобары Вант-Гоффа определить значение теплового эффекта химической реакции в интервале температур 400–700 К.

2. Вычислите среднюю теплоту испарения  $\text{CH}_4$  в интервале температур от 88,2 до 113 К, используя следующие данные (таблица 2).

Таблица 2 - Исходные данные для расчета

T, К	88,2	92,2	98,2	104,2	111,2
$P \cdot 10^{-3}$ , Па	8	13,31	26,62	53,24	101,0

3. Зависимость давления пара (мм рт. ст) от температуры для жидкого металлического цинка выражается уравнением:

$$\lg P = -\frac{6997}{T} - 1,2 \lg T + 12,247$$

Вычислите теплоту испарения цинка при температуре плавления (692,7К).

4. Зависимость давления пара хлороформа от температуры представлена в таблице 3. Рассчитайте теплоту испарения хлороформа при 40°C.

Таблица 3 - Исходные данные для расчета

t, °C	20	30	40	50	60
P, мм рт.ст	161	248	369	535	755

### Практическая работа №7

#### Фазовое равновесие одно- и двухкомпонентных систем

1. Правило фаз Гиббса. Расчет числа фаз.
2. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах.
3. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
4. Расчет теплоты испарения.
5. Диаграммы фазового состояния однокомпонентных систем.
6. Диаграммы фазового состояния двухкомпонентных систем.
7. Диаграммы фазового состояния трехкомпонентных систем.
8. Сущность термического анализа. Принцип непрерывности.

Принцип соответствия.

9. Построение и анализ диаграмм плавкости. Правило рычага.
10. Применение термического анализа
11. Состав системы (фигуративная точка) и состав фаз – всегда ли они совпадают?
12. Определите число и состав фаз в системах, заданных фигуративными точками 1 и 2? (рисунок 1).

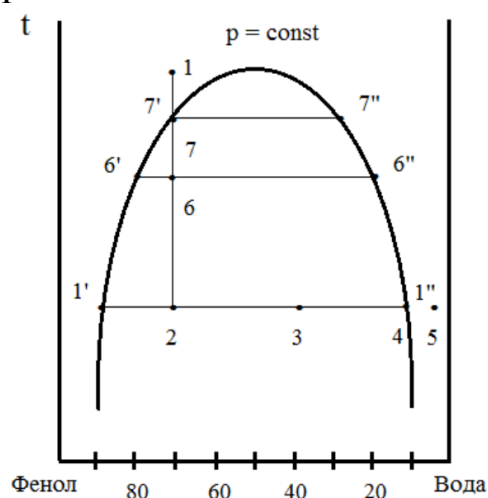


Рисунок 1 - Схема диаграммы состояния фенол – вода

13. Как определить число степеней свободы для фигуративных точек 1 и 2?



14. Каковы качественные отличия в фигуративных точках 1 и 2?
15. Что такое нода, проведите ее через заданную точку в гетерогенной области. Какую информацию о системе можно при этом получить?
16. Поясните использование правила рычага для фигуративных точек 2, 3 и 4, а также для фигуративных точек 6 и 7?
17. Что произойдет в системе, соответствующей фигуративной точке 2, если в нее добавить немного воды? Изменится ли количество фаз, их масса и состав?
18. Каково число степеней свободы в фигуративной точке при ее движении по ноде?
19. Что происходит в системе при ее нагревании от фигуративной точки 2 до фигуративной точки 1? Как при этом изменяется состав и масса сосуществующих фаз?
20. Что происходит в системе при охлаждении системы, соответствующей фигуративной точке 1? Как при этом изменяется состав и масса сосуществующих фаз?
21. При перемещении по диаграмме из фигуративной точки 2 в фигуративную точку 4 изменяется и состав системы, и температура.
22. Зависимость состояния однокомпонентной системы и фазовых равновесий в ней от внешних условий на примере серы.
23. Моно- и энантиотропные превращения в системе.
24. Равновесные соотношения при фазовых переходах. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса для процесса плавления твердых тел.
25. Термодинамические условия фазовых равновесий. Какова возможность варьирования параметрами, влияющими на систему в условиях ее равновесия?
26. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы, где компоненты неограниченно растворимы друг в друге в твердом и жидком состоянии.
27. Типы твердых растворов.
28. Зависимость состояния однокомпонентной системы и фазовых равновесий в ней от внешних условий на конкретном примере.

#### Задания под контролем преподавателя

1. Определить содержание компонентов в точках по указанию преподавателя (рисунок 2)

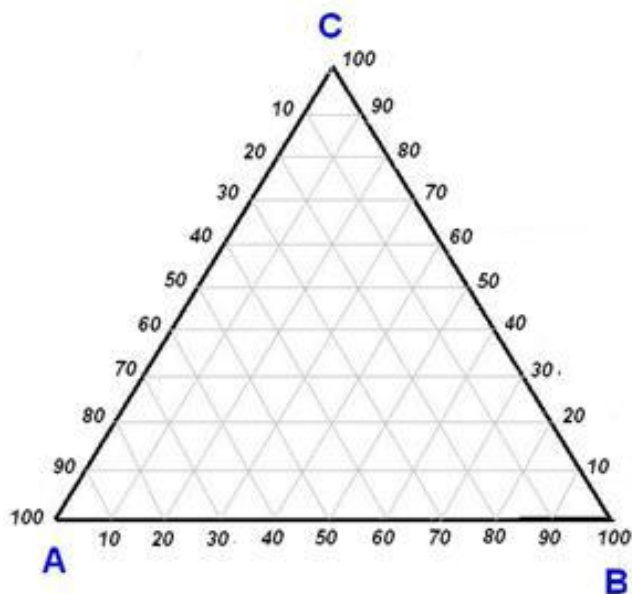


Рисунок 2 – Треугольник Гиббса- Розебома для изображения состава трехкомпонентных систем

2. Удельная теплота испарения амилового спирта при температуре кипения  $138^{\circ}\text{C}$  и давлении  $1,013 \cdot 10^5$  Па равна  $592$  кДж/кг. Определить давление при  $140^{\circ}\text{C}$ .

3. Под каким давлением будет кипеть диэтиламин при  $20^{\circ}\text{C}$ . Если его нормальная температура кипения  $58^{\circ}\text{C}$ , а теплота парообразования  $27,844$  кДж/моль.

4. Давление пара этанола при температурах при  $70^{\circ}\text{C}$  и  $80^{\circ}\text{C}$  соответственно равно  $0,75 \cdot 10^5$  Па и  $1,082 \cdot 10^5$  Па. Рассчитать удельную теплоту испарения.

5. По диаграмме растворимости вода-2,3,4-триметилпиридин (по справочнику) определить температуру растворимости и составы растворов при  $60^{\circ}\text{C}$ .

### *Практическая работа №8*

#### **Гетерогенное равновесие в бинарных системах, содержащих жидкую и паровую фазы**

1. Сформулируйте понятия: раствор, молярная доля растворенного вещества, моляльность раствора.

2. Объясните понятие и физический смысл изотонического коэффициента.

3. Соотношение между степенью диссоциации и изотоническим коэффициентом.

4. Объясните понятие и физический смысл осмотического коэффициента.

5. Сформулируйте и запишите математически эбуллиоскопический и криоскопический законы Рауля для неэлектролитов и электролитов?

6. Объясните причины повышения температуры кипения и понижения температуры замерзания.

7. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри.

8. Отклонения от свойств идеальных растворов. Понятие о термодинамической активности. Коэффициент термодинамической активности.

9. Распределение вещества между двумя несмешивающимися растворителями.

10. Экстракция. Выбор растворителя. Способы повышения степени извлечения.

11. В чем заключаются первый и второй законы Коновалова? Пояснить эти законы на диаграммах состав-температура кипения и состав-давление.

12. Чем обусловлены положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля.

13. Сколькими степенями свободы обладают системы, если точка заданного состава находится вне кривой расслоения, на кривой и в критической точке?

14. На чем основан процесс перегонки жидкостей? В каких случаях следует применять перегонку с водяным паром?

15. Почему нельзя разделить азеотропную смесь ректификацией при постоянном давлении?

16. Фазовая диаграмма в координатах  $T$  – состав для бинарных летучих смесей, образованных из неограниченно смешивающихся жидкостей?

17. Приведите пример дистилляции на диаграмме системы с высококипящим азеотропом.

18. Как связаны состав пара и состав жидкости при равновесии? Уравнения зависимости общего давления от состава пара и жидкости.

19. Какой вид имеет фазовая диаграмма в координатах  $P$  – состав для бинарных летучих смесей, образованных из неограниченно смешивающихся жидкостей?

20. Одинаковым или разным будет относительное изменение давления пара 0,1 молярного раствора одного и того же вещества в бензоле и воде?

21. В чем заключаются первый и второй законы Коновалова? Пояснить эти законы на диаграммах состав-температура кипения и состав-давление.

22. Сформулируйте правило Тарасенкова.

23. Объясните, почему при увеличении температуры в смеси анилин-вода наблюдается увеличение взаимной растворимости? Как называется температура, при которой наступает полная взаимная растворимость?

24. Дать понятие идеальных, предельно разбавленных, неидеальных (регулярных и атермальных) растворов.

25. По диаграмме кипения этиловый спирт –  $\text{CCl}_4$  (см. справочник) определить температуру кипения и состав пара определенной концентрации

#### *Задания под контролем преподавателя*

1. Вычислите эбулиоскопическую постоянную для воды, если теплота испарения составляет 40,685 кДж/моль.

2. Определите температуру кипения водного раствора, содержащего 0,02 моль нелетучего вещества в 200 г воды.

3. Вычислите молекулярную массу вещества, если температура замерзания раствора, содержащего 100 г бензола и 0,2 г исследуемого вещества, на 0,17 К ниже температуры замерзания бензола.

4. Найти молекулярный вес этилового спирта, зная, что водный раствор, содержащий 0,0874 г этилового спирта в 20 г воды, замерзает при  $T_{\text{зам}} = -0,177^\circ\text{C}$  ( $K_{\text{зам}} = 1,86$ ).

5. Температура замерзания раствора, содержащего 2,615 г эфира этиленгликоля в 100 г воды, ниже температуры замерзания воды на  $0,535^\circ$ . Определить молекулярную массу эфира, если теплота плавления воды 6029 Дж/моль.

6. При 295 К и 51987 Па растворимость  $\text{H}_2$  в анилине составляет 10,6 кг/м<sup>3</sup>, а при 154628 Па и той же температуре – 31,6 кг/м<sup>3</sup>. Соблюдается ли при этих условиях закон Генри?

7. Температура кипения бензола 353,36 К. Его молярная теплота испарения при температуре кипения 30795 Дж/моль. Определить эбулиоскопическую константу бензола.

8. В 10,6 г раствора содержится 0,4 г салициловой кислоты, растворенной в этиловом спирте. Этот раствор кипит при температуре на 0,337 градусов выше чистого этилового спирта. Молекулярное повышение температуры кипения этилового спирта 1,19°C. Определить массу салициловой кислоты.

9. В 1000 г воды растворено 68,4 г сахара (молекулярная масса 342 г/моль). Вычислите давление пара этого раствора при 373 °С и рассчитайте его температуру кипения, если теплота испарения воды при температуре кипения равна  $2256,7 \cdot 10^3$  Дж.

10. По диаграмме кипения вода – азотная кислота (см. справочник) определить, какой компонент и в каком количестве может быть выделен из системы, состоящей 25 г воды и 45 г азотной кислоты.

11. Коэффициент распределения йода между водой и четыреххлористым углеродом при 298К равен 0,017. Какой объем четыреххлористого углерода следует взять, чтобы однократным экстрагированием извлечь из 0,5 л водного раствора 99% содержащегося в нем йода.

### Библиографический список

1. Еремин, В.В. Основы физической химии. Теория и задачи/ Учебное пособие/ В.В. Еремин и [др]. М.: Экзамен, 2005. 480
2. Краткий справочник физико-химических величин/ Под ред. А.А.Равделя, А.М.Пономаревой. Л.: Химия, 1983. 231 с.
3. Киселева, Е.В. Сборник примеров и задач по физической химии/ Е.В. Киселева, Г.С. Каретников, И.В. Кудряшов. М.: Высшая школа, 1983. 456 с.
4. В.Т. Брунов В.В. Свиридов. Вопросы и задачи по физической химии (часть 1). Екатеринбург: Издательство: УГЛТУ, 2010. 42 с.
5. Степановских, Е. И. Химическая термодинамика в вопросах и ответах: учебное пособие / Е. И. Степановских, Л. А. Брусницына, Л. Н. Маскаева – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2014. 220 с.
6. Физическая химия: теория и практика выполнения расчетных работ : в 2 ч. Ч. 2 : Химическое и фазовое равновесие / [Е. И. Степановских и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. унта, 2016. — 160 с.