

Министерство образования и науки РФ
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский государственный технологический университет»

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ЧАСТЬ 1

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

**Нижекамск
2010**

УДК 544
Н 90

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Нижекамского химико-технологического института (филиала)
КГТУ.

Рецензенты:

Биктагиров В.В., кандидат химических наук, доцент;
Кутузова Г.С., кандидат технических наук, доцент.

Нуриева, Э.Н.

Н 90 Физическая химия. Часть 1 : методические указания и контрольные задания / Э.Н. Нуриева, Т.Р. Сафиуллина. – Нижекамск : Нижекамский химико-технологический институт (филиал) КГТУ, 2010. – 36 с.

Рассмотрены примеры решения задач, содержание курса и контрольные задания. Задания соответствуют государственным образовательным стандартам дисциплины «Физическая химия» для специальности 240401(ХТОВ), 240501(ХТВМС), 240502(ТППиЭ).

Предназначены для самостоятельной работы студентов технологических специальностей заочной формы обучения.

Подготовлены на кафедре химии Нижекамского химико-технологического института Казанского государственного технологического университета.

УДК 544

© Нуриева Э.Н., Сафиуллина Т.Р., 2010
© Нижекамский химико-технологический институт (филиал) КГТУ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Одной из форм овладения студентами материала курса «Физическая химия» является написание контрольной работы. С ее помощью преподавателем осуществляется контроль за самостоятельными занятиями студентов. Проверая контрольную работу, преподаватель выявляет допущенные в ней ошибки, указывает пути их исправления. Зачтенная преподавателем контрольная работа служит основанием для допуска к сдаче экзамена.

Цель контрольной работы – помочь студентам закрепить в памяти конкретный материал, выработать навыки самостоятельной работы с первоисточниками, учебной и справочной литературой, научить правильно оформлять письменные работы, развить логическое мышление.

Для выполнения контрольных заданий рекомендуется ознакомиться с содержанием разделов по лекциям и учебникам, обращая внимание на физическую сущность явлений, теоретические положения, математические зависимости и графический материал.

При решении задач необходимо представить уравнение в общем виде, раскрыв физический смысл входящих в уравнение величин, и преобразовать его для решения предложенной задачи.

При оформлении контрольной работы следует придерживаться следующих правил:

- все задачи должны строго соответствовать варианту и быть решены в последовательности, указанной в таблице вариантов;
- условия задач должны быть переписаны в тетрадь полностью;
- решения задач должны содержать краткие объяснения и комментарии к выполненным арифметическим действиям, ссылки на использованные при решении законы и правила;

- необходимо пользоваться современной научной химической литературой;
- все величины должны быть выражены в единицах международной системы (СИ);
- на каждой странице необходимо оставлять поля (1/4 страницы) для замечаний рецензента.

Полезно ознакомиться с решениями типовых задач, приведенными в настоящем методическом указании.

1 Содержание дисциплины

Химическая термодинамика. Основные понятия: система, изолированная система. Термодинамические параметры: интенсивные и экстенсивные. I закон термодинамики. Тепловые эффекты химической реакции. Закон Гесса. Зависимость теплового эффекта от температуры. Уравнение Кирхгофа. Приближенное и точное интегрирование уравнения Кирхгофа.

II закон термодинамики. Энтропия. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Характеристические функции. Химический потенциал.

Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константы равновесия в гомогенной системе. Зависимость константы равновесия K_p и K_c от температуры, уравнение изобары и изохоры Вант-Гоффа.

Зависимость константы равновесия K_N от давления, уравнение Планка. Принцип Ле-Шателье.

Фазовое равновесие. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Анализ диаграммы состояния воды. Растворы. Способы выражения концентрации растворов. Повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания растворов. Криоскопическая и эбулиоскопическая константы. Закон распределения и коэффициент распределения веществ между двумя несмешивающимися жидкостями. Экстракция.

Идеальные и неидеальные растворы. Предельно - разбавленные растворы. Закон Рауля. Различные типы диаграмм состояния «состав- $T_{кип}$ » и «состав-общее давление». Анализ диаграмм. Разделение растворов на чистые компоненты путем перегонки и ректификации. Законы Коновалова.

Растворы электролитов. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации и константа диссоциации электролитов. Уравнение Оствальда. Электропроводимость растворов электролитов: удельная и эквивалентная. Зависимость удельной и эквивалентной электропроводности от концентрации электролитов. Закон Кольрауша. Факторы, влияющие на электрическую проводимость. Уравнение Онзагера.

2 Примеры решения задач

Задание 1

Для реакции $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

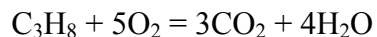
Определить:

- Тепловой эффект реакции (ΔH) при $p=\text{const}$ и $T=298\text{ K}$.
- Тепловой эффект реакции (ΔU) при $V=\text{const}$ и $T=298\text{ K}$.
- Какой из них больше: (ΔH) или (ΔU)?
- Выделяется или поглощается теплота в ходе данной реакции?
- Как меняется тепловой эффект реакции (ΔH) при увеличении температуры?
- Рассчитать тепловой эффект реакции при $T=398\text{ K}$.

Для решения данной задачи необходимо предварительно ознакомиться со следующим теоретическим материалом: относительная молекулярная масса и молярная масса веществ, первый закон термодинамики, термохимия, тепловые эффекты реакции при $p=\text{const}$ и $V=\text{const}$. Теплота образования веществ и связь теплового эффекта реакции с теплотами образования веществ. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры (уравнение Кирхгофа) и расчет тепловых эффектов реакции при любых температурах.

Решение

- Расставляем коэффициенты в предложенном химическом уравнении.



Тепловой эффект реакции ΔH при $p=\text{const}$ равен сумме теплот образования конечных веществ, умноженных на соответствующие стехиометрические коэффициенты минус аналогичная сумма для исходных веществ.

$$\Delta H = \sum n_i \cdot \Delta H_{\text{кон. в-в}}^{\text{обр.}} - \sum n_i \cdot \Delta H_{\text{исх. в-в}}^{\text{обр.}}$$

Для предложенной реакции:

$$\Delta H = (4 * \Delta H_{H_2O}^{\text{обр.}} + 3 * \Delta H_{CO_2}^{\text{обр.}}) - (\Delta H_{C_3H_8}^{\text{обр.}} + 5 * \Delta H_{O_2}^{\text{обр.}})$$

Теплоты образования ($\Delta H^{\text{обр.}}$) приводятся в таблицах для температуры $T=298^\circ\text{K}$ [1.стр. 72]

$$\Delta H_{H_2O}^{\text{обр.}} = -241.84 \text{ кДж/моль}, \Delta H_{CO_2}^{\text{обр.}} = -393.51 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_{C_3H_8}^{\text{обр.}} = -103.9 \text{ кДж/моль}, \Delta H_{O_2}^{\text{обр.}} = 0$$

Тепловой эффект данной реакции при $T=298 \text{ K}$:

$$\Delta H = [4 * (-241.84) + 3 * (-393.51)] - [-103.9 + 5 * 0] = -2043.99 \text{ кДж}$$

Ответ: $\Delta H = -2043.99 \text{ кДж}$

- $\Delta U = \Delta H - \Delta n \cdot RT$;
- $\Delta U = (-2043,99) - 1 \cdot 8,314 \cdot 10^{-3} \cdot 298 = -2046,47 \text{ кДж}$.
- Так как $\Delta H < 0$, то теплота в ходе данной реакции выделяется.
- Для ответа на вопрос: увеличивается или уменьшается тепловой эффект реакции (ΔH) при увеличении температуры, необходимо анализировать уравнение Кирхгофа.

$$\frac{d(\Delta H)}{dT} = \Delta C_p$$

где ΔC_p – разность теплоемкостей конечных и исходных веществ.

Из уравнения Кирхгофа видно, что тепловой эффект (ΔH) растет с увеличением температуры, если $\Delta C_p > 0$, и уменьшается с ростом температуры, если $\Delta C_p < 0$.

ΔC_p рассчитывается по уравнению

$$\Delta C_p = \sum n_i \cdot C_{p, \text{кон. в-в}} - \sum n_i \cdot C_{p, \text{исх. в-в}}$$

и для предложенной реакции

$$\Delta C_p = (4 * C_{p, H_2O} + 3 * C_{p, CO_2}) - (C_{p, C_3H_8} + 5 * C_{p, O_2})$$

Численные значения теплоемкостей веществ (C_{pi}) приводятся в таблицах [1, табл. 6]:

$$C_{p_{H_2O}} = 33.56 \text{ Дж/(моль * К)}, \quad C_{p_{CO_2}} = 37.11 \text{ Дж/(моль * К)}$$

$$C_{p_{O_2}} = 29.37 \text{ Дж/(моль * К)}, \quad C_{p_{C_3H_8}} = 73.51 \text{ Дж/(моль * К)}$$

$$\Delta C_p = (4 * 33.56 + 3 * 37.11) - (73.51 + 5 * 29.37) = \\ = 25.260 \text{ Дж/(моль * К)}$$

$\Delta C_p = 25.260 \text{ Дж/(моль * К)}$, т.е. $\Delta C_p > 0$, следовательно с ростом температуры тепловой эффект ΔH увеличивается.

• Расчет теплового эффекта при $T = 398 \text{ К}$ проводится по интегрированному уравнению Кирхгофа

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \Delta C_p (T - 298)$$

Для предложенной реакции

$$\Delta H_{398} = \Delta H_{298} + \Delta C_p (398 - 298)$$

При расчете необходимо обратить внимание на то, чтобы размерности ΔH и ΔC_p соответствовали друг другу. Переводим ΔH_{298} из килоджоулей в джоули.

$$\Delta H = -2043990 \text{ Дж} + 25.260 \text{ Дж/К} (398 \text{ К} - 298 \text{ К}) = 2041464 \text{ Дж}$$

Задание 2

Дана реакция $C_4H_{10} = C_4H_6 + 2H_2$

- Написать выражение для констант равновесия K_p и K_c .
- В объеме 10 литров смешали 580г. C_4H_{10} и 10г. водорода.

Определить состав равновесной смеси, если константа равновесия данной реакции $K_c = 0.1$.

- Определить направление смещения равновесия:
 - а) при увеличении температуры;
 - б) при увеличении давления;
 - в) при добавлении в равновесную смесь водорода.

Для решения данной задачи предварительно нужно проработать следующий материал: химическое равновесие, константа равновесия K_p и K_c , расчет состава равновесной сме-

си, влияние изменения внешних условий на состояние химического равновесия (принцип Ле-Шателье).

Решение

Запишем выражения для констант равновесия K_c и K_p .

$$K_c = \frac{C_{C_4H_6} * C_{H_2}^2}{C_{C_4H_{10}}}, \quad K_p = \frac{P_{C_4H_6} * P_{H_2}^2}{P_{C_4H_{10}}}$$

В данных уравнениях C_i и P_i соответственно равновесные концентрации и парциальные давления веществ.

Определяем молярные массы всех веществ, участвующих в реакции.

$$M(C_4H_{10}) = 4 * 12 + 1 * 10 = 58 \text{ г/моль}$$

$$M(C_4H_6) = 4 * 12 + 1 * 6 = 54 \text{ г/моль}$$

$$M(H_2) = 1 * 2 = 2 \text{ г/моль.}$$

Определяем число молей (n_i) всех веществ в исходном состоянии:

$$n_i = \frac{m_i}{M_i},$$

где m_i – масса i -го вещества в граммах;

M_i – молярная масса i -го вещества в г / моль.

$$n(C_4H_{10}) = \frac{580 \text{ г}}{58 \text{ г/моль}} = 10 \text{ моль.}$$

$$n(H_2) = \frac{10 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} = 5 \text{ моль.}$$

$$n(C_4H_6) = \frac{0 \text{ г}}{54 \text{ г/моль}} = 0 \text{ моль.}$$

Определяем молярные концентрации веществ (C_i)

$$C_i = \frac{n_i}{V},$$

где V – объем реакционного сосуда в литрах.

$$C_i(C_4H_{10}) = \frac{10 \text{ моль}}{10 \text{ л}} = 1 \text{ моль / л}$$

$$C(H_2) = \frac{5 \text{ моль}}{10 \text{ л}} = 0,5 \text{ моль / л}$$

$$C(C_4H_6) = 0 \text{ моль / л}$$

Определить, в каком направлении пойдет реакция сразу после смешения C_4H_{10} и H_2 .

Реакция пойдет в прямом направлении, так как отсутствует C_4H_6 , необходимый для обратной реакции.

Итак, реакция сразу после смешения идет в прямом направлении, что ведет к увеличению содержания C_4H_6 и H_2 и уменьшению количества C_4H_{10} во времени. Через определенное время наступает состояние химического равновесия и концентрации веществ во времени не будут меняться.

Пусть состояние равновесия наступит тогда, когда образуется X молей C_4H_6 , при этом согласно химическому уравнению образуется 2X молей H_2 и израсходуется X молей C_4H_{10} . Следовательно, количество веществ в состоянии равновесия составят $n(C_4H_{10}) = 10 - x$, $n(H_2) = 5 + 2x$, $n(C_4H_6) = x$ и молярные концентрации веществ будут равны $C(C_4H_{10}) = (10 - x)/10$; $C(H_2) = (5 + 2x) / 10$;
 $C(C_4H_6) = x / 10$ (1.1)

Константа равновесия K_c для предложенной реакции имеет вид:

$$K_c = \frac{C(C_4H_6) * C^2(H_2)}{C(C_4H_{10})}$$

Необходимо обратить внимание на то, что численные значения констант равновесия рассчитаны таким образом, что в числителе всегда находятся концентрации веществ, записанных правее знака равенства химического уравнения, независимо от того в прямом или обратном направлении пойдет реакция сразу же после смешения веществ.

Вещества	Исходное состояние		Состояние равновесия	
	п - число молей веществ (моль)	С – молярные концентрации веществ (моль/л)	п - число молей веществ (моль)	С – молярные концентрации веществ (моль/л)
C_4H_{10}	10	1	$10 - x$	$(10-x)/10$
C_4H_6	0	0	x	$x/10$
H_2	5	0,5	$5 + 2x$	$5+2x/10$

В уравнении для константы равновесия подставляем концентрации веществ в состоянии равновесия и численное значение константы равновесия.

$$0,1 = \frac{x/10 * [(5 + 2x)/10]^2}{(10 - x)/10} \quad (1.2)$$

Преобразуем полученное уравнение в

$$4x^3 + 20x^2 + 35x - 100 = 0 \quad (1.3)$$

Данное уравнение имеет несколько решений. Для нахождения интересующего нас значения X необходимо определить пределы, в которых может находиться X , исходя из его физического смысла – числа молей C_4H_6 в состоянии равновесия. Нижний предел $X=0$ (вернее бесконечно малая величина). Этот случай реализуется тогда, когда равновесие наступает при израсходовании бесконечно малого количества C_4H_{10} . Верхний предел $X = 10$ (вернее, величина на бесконечно малую величину меньше, чем 10). Данный случай реализуется тогда, когда равновесие наступает практически при полном израсходовании C_4H_{10} . Из уравнения (1.3) находим значения X , соответствующие пределам от 0 до 10.

Подставив значения X в уравнения (1.1) находим численные значения равновесных концентраций. Подставив эти значения в уравнение (1.2), определяем численные значение константы равновесия K_c . Если полученное значение K_c примерно равно значению K_c , заданному в условии задачи ($K_c = 0.1$), то задача решена правильно.

$$C(C_4H_{10}) = (10 - 1.41)/10 = 0.859$$

$$C(H_2) = (5 + 2 \cdot 1.41)/10 = 0.782$$

$$C(C_4H_6) = 1.41/10 = 0.141$$

$$K_c = C(C_4H_6) \cdot C^2(H_2)/C(C_4H_{10}) = 0.141 \cdot (0.782)^2/0.859 = 0.1$$

Задача решена правильно, если:

а) При увеличении температуры равновесие смещается в сторону поглощения тепла. Рассчитываем тепловой эффект реакции при $T=298$ К.

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Delta H_{C_4H_6}^{обр} + 2 \cdot \Delta H_{H_2}^{обр} - \Delta H_{C_4H_{10}}^{обр} = 162,21 + 2 \cdot 0 - (-126,15) = \\ &= 288,36 \text{ кДж} \end{aligned}$$

Т.к. $\Delta H > 0$, то тепло поглощается в ходе прямой реакции.

Следовательно, при увеличении температуры равновесие смещается в сторону образования продуктов реакции.

б) При увеличении давления равновесие смещается в сторону уменьшения давления, т.е. в ту сторону, где число молей (n) газообразных веществ меньше (принцип Ле-Шателье). Из химического уравнения видно, что

$$n_{кон}^{газ} = 2 + 1 = 3 \text{ моль} ; \quad n_{исх}^{газ} = 1 \text{ моль} .$$

Следовательно, увеличение давления смещает равновесие в сторону образования исходных веществ.

в) При добавлении в равновесную смесь водорода равновесие смещается таким образом, чтобы происходил расход водорода, т.е. в обратную сторону.

Задание 3

Ниже приведены данные по температурам кипения растворов этилового спирта (C_2H_5OH) в ацетоне данного состава (x) и составу пара (y), находящегося в равновесии с раствором.

Молярная доля C_2H_5OH (%)		$T_{кип}, ^\circ C$
В жидкой фазе (x)	в парах(y)	
0	0	56,1
12,5	8,1	57,17
26,4	17,3	58,67
42,0	27,4	60,67
55,6	36,4	62,89
66,1	44,5	65,22
72,4	50,6	66,72
82,5	62,4	70,11
87,9	70,3	72,22
94,2	82,7	75,06
100	100	78,3

Необходимо построить диаграмму «состав- $T_{кип}$ »

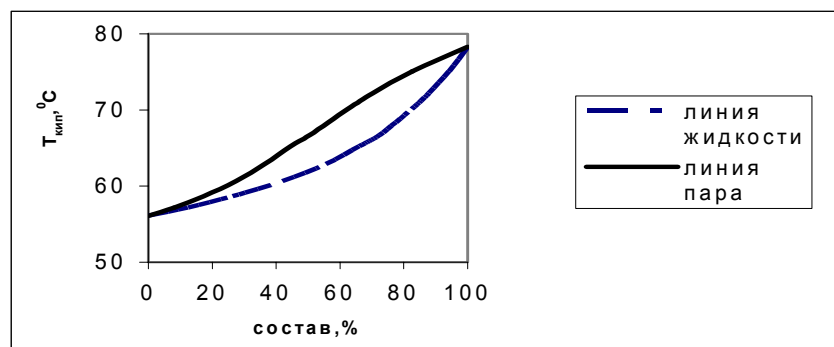
Определить:

- кривые жидкости и пара;
- какие области на диаграмме гомогенные, а какие гетерогенные;
- температуры кипения чистого спирта и чистого ацетона;
- к какому типу растворов относится данная система (идеальному или азеотропному), ответ обосновать;
- температуру кипения раствора, содержащего 30 молярных долей (%) ацетона и состав первых пузырьков пара при этом;

- температуру конденсации паров, содержащих 20 молярных долей (%) спирта и состав первых капель жидкости при этом;
- можно ли получить при дистилляции или ректификации данной системы чистые вещества. Какие компоненты будет содержать дистиллят, а какие кубовый остаток?

Решение

Построим диаграмму «состав - $T_{\text{кип}}$ » для раствора этилового спирта в ацетоне.



- Температура кипения чистого спирта – $78,3^{\circ}\text{C}$, чистого ацетона – $56,1^{\circ}\text{C}$.
- Температура кипения раствора, содержащего 30 молярных долей (%), ацетона 68°C и состав первых пузырьков пара при этом 47% $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.
- Температура конденсации паров, содержащих 20 молярных долей (%), спирта 59°C и состав первых капель жидкости при этом 36% $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

Задание 4

Определить давление паров воды над 5% (масс) водным раствором фруктозы ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) при температуре $T=100^{\circ}\text{C}$, считая раствор идеальным.

Решение

Для идеальных растворов справедливо уравнение Рауля

$$P_{H_2O} = P_{H_2O}^0 \cdot N_{H_2O}^{(ж)} \quad (1.4)$$

где P_{H_2O} – давление паров воды над водным раствором (фруктозы) при данной температуре (100⁰С);

$P_{H_2O}^0$ – давление паров воды над чистой водой при данной температуре (100⁰С);

$N_{H_2O}^{(ж)}$ – мольная доля воды в данном растворе фруктозы.

Любая жидкость закипает при той температуре, когда давление паров над жидкостью становится равным внешнему давлению. Известно, что если внешнее давление равно 1 атмосфере (10⁵ Па) чистая вода кипит при T=100⁰С. Следовательно, $P_{H_2O}^0 = 10^5$ Па.

Мольная доля данного компонента раствора рассчитывается по уравнению: $N = \frac{n}{\sum n}$

где n – число молей данного компонента;

$\sum n$ - сумма чисел молей всех компонентов в растворе.

Для данной задачи:

$$N_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{(n_{H_2O} + n_{\text{фруктоза}})} \quad (1.5)$$

Пусть имеем 100 г раствора. В нем содержится 5 г фруктозы и 95 г воды. Молярная масса фруктозы $M(C_6H_{12}O_6) = 180$ г/моль.

Число молей определяется по уравнению:

$$n = \frac{m}{M},$$

где m – масса данного компонента в граммах. В 100 г раствора содержится:

$$n_{H_2O} = \frac{95}{18} = 5,278 \text{ молей } H_2O$$

$$n_{\text{фруктоза}} = \frac{5}{180} = 0,028 \text{ молей фруктозы}$$

Сумма молей $\sum n = 5,278 + 0,028 = 5,306$ молей.

Мольная доля воды в данном растворе из (1.5):

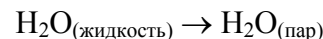
$$N_{H_2O} = \frac{5,278}{5,306} = 0,995$$

Давление паров над 5% (масс) водным раствором из (1.4):

$$P_{H_2O} = P_{H_2O}^0 \cdot N_{H_2O}^{(ж)} = 10^5 \text{ Па} \cdot 0,995 = 9,95 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Задание 5

Определить знак изменения объема, энтропии, теплоты фазового превращения и dP/dT (или dT/dP) для процесса:



Решение

Изменение свойств ΔX :

$$\Delta X = X_{пар.} - X_{жидк.}$$

Изменение объема ΔV :

$$\Delta V = V_{пар.} - V_{жидк.} > 0,$$

т.к. объем пара гораздо больше объема жидкости.

Изменение энтропии

$$\Delta S = S_{пар.} - S_{жидк.} > 0,$$

т.к. в паре беспорядок расположения молекул больше, чем в жидкости. Теплота испарения $\Delta H > 0$, т.к. связи между молекулами воды в жидкости прочнее, чем связи между молекулами воды в паре, а для разрушения связи требуется энергия. Следовательно, процесс испарения идет с поглощением теплоты.

Знак dP/dT определяем, анализируя уравнения Клаузиуса – Клапейрона:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta S}{\Delta V}.$$

Т.к. в данном случае $\Delta S > 0$ и $\Delta V > 0$, то $dP/dT > 0$. Следовательно, с ростом температуры давление паров воды над водой в жидком состоянии растет.

$$\frac{dT}{dP} = \frac{\Delta V}{\Delta S}$$

$$\frac{dT}{dP} > 0$$

Следовательно, с увеличением давления температура кипения воды растет.

Задание 6

Определить температуру замерзания 4% (масс) водного раствора хлорида бария, если кажущаяся степень ионизации соли в данном растворе $\alpha = 0,95$.

Решение

Известно, что растворы нелетучих веществ замерзают при более низкой температуре, чем чистый растворитель. Понижение температуры (ΔT) определяется уравнением:

$$\Delta T = i \cdot k \cdot g \cdot \frac{1000}{M \cdot G}, \quad (1.6)$$

где k – криоскопическая постоянная, она зависит только от свойств растворителя и для водных растворов $k = 1,86 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{г/моль}$;

g – масса растворенного вещества (хлорида бария) в граммах в растворе;

G – масса растворителя (воды) в граммах в растворе;

M – молярная масса растворенного вещества (хлорида бария);

i – изотонический коэффициент, учитывающий увеличение числа частиц (молекул, ионов) за счет ионизации. i – рассчитывается по уравнению:

$$i = 1 + \alpha(\nu-1), \quad (1.7)$$

где ν - число ионов, на которое распадается одна молекула в растворе:



и для BaCl_2 $\nu = 3$.

Следовательно, по (1.7) $i = 1 + 0,95 \cdot (3-1) = 2,9$

Пусть имеем 100 г раствора. В нем содержится 4 г BaCl_2 и $(100 - 4) = 96$ г H_2O , т.е. $g = 4$ г, $G = 96$ г.

Молярная масса BaCl_2 $M(\text{BaCl}_2) = 208$ г/моль и согласно (1.6):

$$\Delta T = 1,86^\circ\text{C} \cdot \text{г/моль} \cdot 2,9 \cdot 4\text{г} \cdot 1000/208\text{г/моль} \cdot 96\text{г} = 1,08^\circ\text{C}.$$

Следовательно, 4% (масс) водный раствор BaCl_2 замерзает на $1,08^\circ\text{C}$ ниже, чем чистая вода. Известно, что чистая вода замерзает при 0°C , и данный раствор замерзает при $T = -1,08^\circ\text{C}$.

Задание 7

По данным таблицы для раствора пропионовой кислоты, концентрацией 0,135 моль/л рассчитать эквивалентную электропроводность, константу диссоциации электролита и pH раствора с учетом значений предельной подвижности катионов водорода и пропионат-анионов.

Электролит	Концентрация, С, моль/л	Удельная электропроводность, $\chi \cdot 10^4$, $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$	Предельная подвижность, $\lambda_0 \cdot 10^4$, $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$	
			катиона	аниона
$\text{C}_2\text{H}_3\text{COOH}$	0,135	0,0479	315,0	29,5

Решение

$$\lambda_0 = \lambda_0(H^+) + \lambda_0(C_2H_5OO^-) = 315,0 \cdot 10^{-4} + 29,5 \cdot 10^{-4}$$

$$= 344,5 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$$

$$\lambda = \kappa / C = 0,0479 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1} / 0,135 \text{ моль} / \text{л} =$$

$$= 3,55 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$$

$$\alpha = \lambda / \lambda_0 = 3,55 \cdot 10^{-4} / 344,5 \cdot 10^{-4} = 0,0103$$

$$\kappa_c = \frac{\alpha^2 \cdot C}{1 - \alpha} = \frac{0,0103^2 \cdot 0,135}{1 - 0,0103} = 1,447 \cdot 10^{-5}$$

$$[H^+] = \alpha \cdot C = 0,0103 \cdot 0,135 = 1,39 \cdot 10^{-3} \text{ моль} / \text{л}$$

$$pH = -\lg[H^+] = 2,86.$$

Задание 8

Ниже приведены эквивалентные электропроводности (λ) водных растворов электролита различных концентраций. Графически доказать, какой это электролит KCl или KOH и что является сильным электролитом.

C (экв/л)	0,001	0,002	0,005	0,010
λ (Ом ⁻¹ ·см ² ·экв ⁻¹)	127,3	126,3	124,4	122,4

Решение

Водные растворы электролитов проводят электрический ток, т.к. в них содержатся заряженные частицы – ионы. Способность растворов проводить электрический ток характеризуется эквивалентной электропроводимостью (λ). Только для сильных электролитов зависимость λ от концентрации электролита в растворе (C) подчиняется уравнению Онзагера:

$$\lambda = \lambda_0 - A\sqrt{C} \quad (1.8)$$

где λ - эквивалентная электропроводность раствора электролита с концентрацией C экв/л;

λ_0 - эквивалентная электропроводность данного электролита при бесконечном разбавлении. Согласно Кольраушу, $\lambda_0 = \lambda_0^+ + \lambda_0^-$, т.е. λ_0 равна сумме электропроводностей при

бесконечном разбавлении ионов, на которые распадается электролит. Численные значения ионных электропроводностей приводятся в таблицах [1, стр.123].

Из уравнения (1.8) видно, что график зависимостей $\lambda = f(\sqrt{C})$ является прямой линией и экстраполяции линии на оси ординат дает численное значение λ_0 (при $(\sqrt{C}) = 0$).

Находим \sqrt{C} и строим график в координатах $\lambda = f(\sqrt{C})$

C	0,001	0,002	0,005	0,010
\sqrt{C}	0,0316	0,0447	0,0707	0,100

Как видно из графика (рис.1), получается прямая линия. Следовательно, приведенные данные подчиняются уравнению (1.8), т.е. данный электролит является сильным электролитом. Находим из графика $\lambda_0 = 129,8$.

По ионным электропроводностям [1, стр.123] рассчитываем λ_0 для KCl и KOH .

$$\lambda_0(KCl) = \lambda_0(K^+) + \lambda_0(Cl^-) = 73,5 + 76,35 = 149,85.$$

$$\lambda_0(KOH) = \lambda_0(K^+) + \lambda_0(OH^-) = 73,5 + 198,3 = 271,8.$$

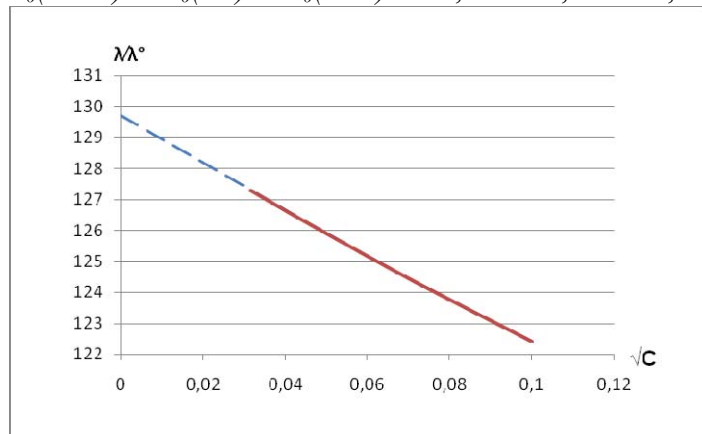


Рис.1 График зависимости $\lambda = f(\sqrt{C})$

Полученные из графика значения λ_0 ближе к $\lambda_0(KCl)$, следовательно, в условии задачи приведены электропроводности водных растворов KCl различных концентраций.

3 Контрольные задания для самостоятельной работы

Если в реакции не указано агрегатное состояние вещества, то оно находится в газообразном виде.

Задание 1

Для соответствующей реакции определить:

- Тепловой эффект реакции (ΔH) при $P = \text{const}$ и $T = 298 \text{ K}$.
- Тепловой эффект реакции (ΔU) при $V = \text{const}$ и $T = 298 \text{ K}$.
- Какой из них больше: ΔH или ΔU ?
- Выделяется или поглощается теплота в ходе данной реакции?
- Изменение теплового эффекта реакции с увеличением температуры (увеличивается или уменьшается ΔH с ростом температуры).
- Тепловой эффект реакции ΔH при температуре T .

Варианты

№ п/п	Реакции	T, K
1	2	3
1	$\text{CO} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$	398
2	$\text{HCl} + \text{O}_2 = \text{Cl}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	600
3	$2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$	398
4	$\text{FeS}_{2(\text{кр})} + \text{O}_2 = \text{FeO}_{(\text{кр})} + \text{SO}_2$	700
5	$\text{CO} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$	500
6	$\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1300
7	$\text{SO}_2 + \text{O}_2 = \text{SO}_3$	1100
8	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2$	800
9	$\text{PbO}_{2(\text{кр})} + 2\text{H}_2 = \text{Pb}_{(\text{кр})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	900
10	$\text{SO}_3 = \text{SO}_2 + \text{O}_2$	398
11	$\text{CH}_3(\text{OH})_{\text{ж}} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	398
12	$\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{NO}$	500
13	$\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{кр})} + \text{CO} = \text{Fe}_{(\text{кр})} + \text{CO}_2$	600
14	$\text{N}_2 + \text{H}_2 = \text{NH}_3$	700
15	$\text{PbO}_{2(\text{кр})} + \text{CO} = \text{PbO}_{(\text{кр})} + \text{CO}_2$	1200

1	2	3
16	$\text{FeS}_{2(\text{кр})} + \text{O}_2 = \text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{кр})} + \text{SO}_3$	1000
17	$\text{Al}_2\text{O}_{3(\text{кр})} + \text{Cr}_{(\text{кр})} = \text{Cr}_2\text{O}_{3(\text{кр})} + \text{Al}_{(\text{кр})}$	500
18	$\text{HCl} + \text{O}_2 = \text{Cl}_2\text{O} + \text{H}_2$	1000
19	$\text{CrO}_{3(\text{кр})} + \text{H}_2 = \text{Cr}_2\text{O}_{3(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}$	800
20	$\text{FeS}_{2(\text{кр})} + \text{O}_2 = \text{Fe}_{(\text{кр})} + \text{SO}_3$	1200
21	$\text{MnO}_{2(\text{кр})} + \text{H}_2 = \text{MnO} + \text{H}_2\text{O}$	700
22	$\text{NO} + \text{O}_2 = \text{NO}_2$	1200
23	$\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{кр})} + \text{H}_2 = \text{Fe}_{(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}$	900
24	$\text{CaCO}_{3(\text{кр})} = \text{CaO}_{(\text{кр})} + \text{CO}_2$	1000
25	$\text{C}_2\text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	800
26	$\text{CuO}_{(\text{кр})} + \text{CO} = \text{Cu}_{(\text{кр})} + \text{CO}_2$	1300
27	$\text{FeO}_{(\text{кр})} + \text{CO} = \text{Fe}_{(\text{кр})} + \text{CO}_2$	400
28	$\text{CO}_2 = \text{CO} + \text{O}_2$	500
29	$\text{FeS}_{2(\text{кр})} + \text{O}_2 = \text{Fe}_{(\text{кр})} + \text{SO}_2$	800
30	$\text{FeO}_{(\text{кр})} + \text{H}_2 = \text{Fe}_{(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}$	700

Задание 2

Для реакции $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$ или $\text{A} \rightarrow \text{B} + \text{C}$

В объеме V литров содержится m_1 граммов первого вещества, m_2 граммов второго вещества и m_3 граммов третьего вещества

2.1. Написать выражение для констант K_p и K_c .

2.2. Определить состав равновесной смеси (концентрации всех веществ в состоянии равновесия), если константа равновесия данной реакции равна K_c .

2.3. Определить направление смещения равновесия:

а) при увеличении температуры;

б) при увеличении давления;

в) при добавлении в равновесную смесь вещества А.

Реакция	Массы веществ, гр.			Кс	V (л)	В-во А
	m ₁	m ₂	m ₃			
1) C ₂ H ₄ + H ₂ = C ₂ H ₆	56	10	0	0,1	10	C ₂ H ₄
2) C ₂ H ₄ + H ₂ = C ₂ H ₆	0	8	30	2	0,1	H ₂
3) C ₂ H ₄ + H ₂ = C ₂ H ₆	28	0	60	0,2	1	C ₂ H ₆
4) H ₂ + Cl ₂ = 2HCl	10	142	0	0,6	10	H ₂
5) H ₂ + Cl ₂ = 2HCl	0	184	73	10	0,1	Cl ₂
6) H ₂ + Cl ₂ = 2HCl	8	0	146	0,7	1	HCl
7) C ₄ H ₁₀ = C ₄ H ₈ + H ₂	116	224	0	0,4	10	C ₄ H ₁₀
8) C ₄ H ₁₀ = C ₄ H ₈ + H ₂	0	224	6	3	0,1	C ₄ H ₈
9) C ₄ H ₁₀ = C ₄ H ₈ + H ₂	232	0	10	0,3	1	H ₂
10) 2HF = H ₂ + F ₂	40	10	0	0,5	10	HF
11) 2HF = H ₂ + F ₂	0	8	76	0,8	0,1	H ₂
12) 2HF = H ₂ + F ₂	80	0	152	0,9	1	F ₂
13) C ₂ H ₂ + H ₂ = C ₂ H ₄	52	10	0	10	10	C ₂ H ₂
14) C ₂ H ₂ + H ₂ = C ₂ H ₄	0	8	56	1	0,1	H ₂
15) C ₂ H ₂ + H ₂ = C ₂ H ₄	104	0	122	4	1	C ₂ H ₂
16) C ₂ H ₄ = C ₂ H ₂ + H ₂	56	52	0	6	10	C ₂ H ₄
17) C ₂ H ₄ = C ₂ H ₂ + H ₂	0	104	8	3	0,1	C ₂ H ₄
18) C ₂ H ₄ = C ₂ H ₂ + H ₂	112	0	10	5	1	H ₂
19) N ₂ + O ₂ = 2 NO	56	128	0	6	10	N ₂
20) N ₂ + O ₂ = 2 NO	112	0	60	7	0,1	O ₂
21) N ₂ + O ₂ = 2 NO	0	64	30	8	1	NO
22) 2 NO = N ₂ + O ₂	90	56	0	9	10	NO
23) 2 NO = N ₂ + O ₂	180	0	64	0,2	0,1	N ₂
24) 2 NO = N ₂ + O ₂	0	112	128	0,1	1	O ₂
25) 2HCl = H ₂ + Cl ₂	73	4	0	1	10	HCl
26) 2HCl = H ₂ + Cl ₂	146	0	71	0,4	0,1	H ₂
27) 2HCl = H ₂ + Cl ₂	0	10	142	0,1	1	Cl ₂
28) C ₅ H ₁₂ = C ₅ H ₁₀ + H ₂	144	140	0	0,3	10	C ₅ H ₁₂
29) C ₅ H ₁₂ = C ₅ H ₁₀ + H ₂	288	0	10	0,4	0,1	C ₅ H ₁₀
30) C ₅ H ₁₂ = C ₅ H ₁₀ + H ₂	0	280	20	10	1	H ₂

Задание 3

Ниже в таблице приведены данные по температурам кипения растворов ($T_{\text{кип}}$), состоящих из веществ А и В, X – мольная доля (%) вещества А в растворе, Y – мольная доля (%) вещества А в парах.

1. Построить диаграмму состояния «состав-температура кипения».

2. Определить:

- кривые жидкости и пара;
- какие области на диаграмме гомогенные, а какие гетерогенные;
- температуру кипения чистых веществ А и В;
- к какому типу растворов относится данная система (идеальному или азеотропному), ответ обосновать;
- температуру кипения раствора, содержащего 30 мольных долей (%) вещества А, и состав первых пузырьков пара при этом;
- температуру конденсации паров, содержащих 20 мольных долей (%) вещества В, и состав первых капель жидкости при этом;
- можно ли получить при дистилляции или ректификации данной системы чистые вещества. Какие компоненты будет содержать дистиллят, а какие кубовый остаток?

№ п/п	В-во А	В-во В		Зависимость мольной доли вещества А (%) в парах (Y) от мольной доли вещества А в жидкости (X) при заданной температуре ($T_{\text{кип}}$).								
				0	5,0	10,0	20,0	30,0	50,0	70,0	80,0	100
1	2	3	4	5								
1	Дихлорэтан	Бензол	X	0	5,0	10,0	20,0	30,0	50,0	70,0	80,0	100
			Y	0	4,5	9,1	18,4	27,8	47,4	67,8	78,3	100
			T	80,09	80,27	80,42	80,76	81,09	81,77	82,45	82,79	83,48
2	Уксус. кислота	Вода	X	0	10	20	40	60	80	90	95	100
			Y	0	7,1	13,9	28,4	46,7	69,7	83,5	90,6	100
			T	100	100,6	101,3	103,2	105,8	110,1	113,8	115,4	118,1

1	2	3	4	5								
				X	Y	T	X	Y	T	X	Y	T
3	Уксус. кислота	Бензол	X	0	35,5	54,6	61,9	75	80,8	87,3	91,1	100
			Y	0	15,0	22,5	25,8	35,6	42,2	52,2	61,2	100
			T	80,2	84,7	88,9	90,8	96,2	99,4	103,7	106,8	118,7
4	Этилен- гликоль	Вода	X	0	30	50	70	80	90	93	95	100
			Y	0	0,5	1,8	2,6	4,0	8,5	10,5	15,5	100
			T	100	101	103,2	106,3	110,8	120,5	125,5	130,1	197,0
5	Бензол	Толуол	X	0	10	20	40	60	80	90	95	100
			Y	0	20,8	37,2	61,9	79,1	91,2	94,9	97,9	100
			T	110,05	105,31	101,46	95,05	89,75	84,99	82,68	81,43	80,13
6	C ₄ H ₈ O	C ₄ H ₁₀	X	0	10,2	30,6	60,7	70,6	80,4	90,2	95	100
			Y	0	35,1	70,6	90,7	94,2	96,6	98,6	99,0	100
			T	107,8	99	85,4	72,4	69,5	66,9	65,0	64,0	63,3
7	Ди- хлор этан	Бензол	X	0	10	30	50	70	80	90	100	
			Y	0	9,1	27,8	47,4	67,8	78,3	89	100	
			T	80,1	80,4	81,1	81,8	82,4	82,8	83,1	83,5	
8	Этанол	Этил- ацетат	X	0	5	10	46	70	80	90	100	
			Y	0	8,6	16,3	46	61,1	69,5	81,3	100	
			T	77,1	76	74,7	71,8	72,8	73,9	75,5	78,3	
9	C ₃ H ₆ O	C ₃ H ₈ O ₃	X	0	14	22	37	45,4	64,5	85	93,8	100
			Y	0	34	47	70	79	91	97,5	99,2	100
			T	104,5	94,01	89,03	78,1	72,5	65,1	59,2	57,5	56
10	C ₄ H ₆ O ₂	C ₁₃ H ₁₂	X	0	9,2	23,4	53,9	56,0	69,5	80,4	100	
			Y	0	48,1	70,7	88,5	88,8	92,0	94,1	100	
			T	159,8	145,2	132,1	119,7	119,3	116,3	114,3	110,9	
11	C ₃ H ₆ O	C ₄ H ₈ O ₂	X	0	5,69	24,97	30,2	60,75	73,86	86,7	94,7	100
			Y	0	12,62	42,75	49,0	77,18	86,01	93,2	97,3	100
			T	59,4	57	51,7	50,5	44,4	42,2	40,6	39,7	39,3
12	Ацетон	Вода	X	0	4,1	12,0	30,0	44,4	53,8	79,3	85	100
			Y	0	58,5	75,6	80,9	83,2	84,0	90	91,8	100
			T	100	76,5	66,2	61,1	60,0	59,5	57,4	57,1	56,2
13	Этило- вый спирт	Ацетон	X	0	12,5	26,4	42,0	55,6	72,4	87,9	94,2	100
			Y	0	8,1	17,3	27,4	36,4	50,6	70,3	82,7	100
			T	56,10	57,17	58,67	60,67	62,89	66,76	72,22	75,08	78,3
14	CCl ₄	Хлоро- форм	X	0	20	30	50	70	80	90	100	
			Y	0	11,5	19	36,5	48	73,5	86,6	100	
			T	60,8	62,6	63,9	66,9	68,6	72,6	74,6	76,8	
15	Про- пи- ловый спирт	Вода	X	0	2	4	10	70	80	85	90	100
			Y	0	21,6	32	37,2	55,1	54,1	70,4	77,8	100
			T	100	92	90,5	88,5	89,0	90,5	91,5	92,8	97,3
16	Серо- угле- род	CCl ₄	X	0	2,96	6,15	14,35	25,85	53,18	66,30	86,04	100
			Y	0	8,23	15,55	33,25	49,50	74,70	82,90	93,20	100
			T	76,7	74,9	73,1	68,6	63,8	55,3	52,3	48,50	46,3

1	2	3	4	5								
				X	Y	T	X	Y	T	X	Y	T
17	CCl ₄	Этил-ацетат	X	0	0,5	73	159	28,0	69,3	79,2	89,4	100
			Y	0	0,8	100	202	32,4	67,5	76,5	87,1	100
			T	74,10	74,01	73,30	72,76	72,20	71,81	72,12	72,57	73,40
18	Бензол	Толуол	X	0	10	20	40	60	80	90	95	100
			Y	0	20,8	37,2	61,9	79,1	91,2	93,9	96,9	100
			T	110,05	105,31	101,46	95,05	89,75	84,99	82,68	81,43	80,13
19	Фурфурол	Вода	X	0	2	92	70	90	94	96	98	100
			Y	0	8	92	9,5	19	64	81	90	100
			T	100	98,07	97,9	98,7	109,5	146	154,8	158,8	161,7
20	Метилловый спирт	Вода	X	0	10	20	30	40	60	70	90	100
			Y	0	42,2	58,6	66,3	72,4	82,8	87,7	96,0	100
			T	100	87,7	81,6	78,1	75,5	71,1	69,1	65,9	64,5
21	CCl ₄	Этил-ацетат	X	0	73	159	280	69,3	79,2	89,4	100	
			Y	0	100	202	32,4	67,5	76,5	87,1	100	
			T	74,10	73,30	72,76	72,20	71,81	72,12	72,57	73,40	
22	Сероуглерод	Ацетон	X	0	1,9	4,76	13,4	18,58	29,12	87,99	96,83	100
			Y	0	8,32	18,5	35,1	44,3	52,75	76,0	88,6	100
			T	56,2	54	51,4	46,6	44,0	41,4	40,5	43,5	46,3
23	Этиловый спирт	Ацетон	X	0	5,0	10,0	20,0	70,0	80,0	90,0	95,0	100
			Y	0	8,6	16,3	27,4	61,1	69,5	81,3	89,8	100
			T	77,10	76,0	74,7	73,0	72,8	73,9	75,5	76,6	78,3
24	Дихлорэтан	Бензол	X	0	5,0	10,0	20,0	30,0	50,0	70,0	80,0	100
			Y	0	4,5	9,1	18,4	27,8	47,4	67,8	78,3	100
			T	80,09	80,27	80,42	80,76	81,09	81,77	82,45	82,79	83,48
25	Уксус. кислота	вода	X	0	10	20	40	60	80	90	95	100
			Y	0	7,1	13,9	28,4	46,7	69,7	83,5	90,6	100
			T	100	100,6	101,3	103,2	105,8	110,1	113,8	115,4	118,1
26	Уксус. кислота	Бензол	X	0	35,5	54,6	61,9	75	80,8	87,3	91,1	100
			Y	0	15,0	22,5	25,8	35,6	42,2	52,2	61,2	100
			T	80,2	84,7	88,9	90,8	96,2	99,4	103,7	106,8	118,7
27	Этиленгликоль	вода	X	0	30	50	70	80	90	93	95	100
			Y	0	0,5	1,8	2,6	4,0	8,5	11,5	15,5	100
			T	100	101	103,2	106,3	110,8	120,5	125,5	130,1	197,0
28	Бензол	Толуол	X	0	10	20	40	60	80	90	95	100
			Y	0	20,8	37,2	61,9	79,1	91,2	95,9	97,9	100
			T	110,1	105,	101,4	95,05	89,75	84,99	82,68	81,43	80,13
29	C ₄ H ₈ O	C ₄ H ₁₀	X	0	10,2	30,6	60,7	70,6	80,4	90,2	95	100
			Y	0	35,1	70,6	90,7	94,2	96,6	98,6	99,0	100
			T	107,8	99	85,4	72,4	69,5	66,9	65,0	64,0	63,3
30	Дихлорэтан	Бензол	X	0	10	30	50	70	80	90	100	
			Y	0	9,1	27,8	47,4	67,8	78,3	89	100	
			T	80,1	80,4	81,1	81,8	82,4	82,8	83,1	83,5	

Задание 4

Определить давление паров воды над X% (масс) водным раствором А при температуре $T=100^{\circ}\text{C}$, считая раствор идеальным.

№ п/п	X% (масс)	Водный раствор А
1	5	Ацетон (CH_3COCH_3)
2	3	Метанол (CH_3OH)
3	3	Глюкоза ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
4	4	Уксусная кислота (CH_3COOH)
5	6	Пропиловый спирт ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$)
6	2	Этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
7	3	Сахар ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)
8	6	Фруктоза ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
9	5	Синильная кислота (HCN)
10	4	Изопропиловый спирт ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$)
11	2	Муравьиная кислота (HCOOH)
12	3	Оксид серы (VI) (SO_3)
13	4	Перекись водорода (H_2O_2)
14	3	Бром (Br_2)
15	3	Этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
16	5	Глюкоза ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
17	3	Ацетон (CH_3COCH_3)
18	5	Изопропиловый спирт ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$)
19	4	Оксид серы (VI) (SO_3)
20	3	Муравьиная кислота (HCOOH)
21	5	Уксусная кислота (CH_3COOH)
22	2	Метанол (CH_3OH)
23	2	Бром (Br_2)
24	3	Синильная кислота (HCN)
25	5	Перекись водорода (H_2O_2)
26	5	Этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
27	6	Муравьиная кислота (HCOOH)
28	6	Изопропиловый спирт ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$)
29	5	Глюкоза ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
30	4	Перекись водорода (H_2O_2)

Задание 5

Определить знак изменения объема, энтропии, теплоты фазового превращения и dP/dT (или dT/dP) для процесса А:

№п/п	Процесс А
1	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{жидкость})}$
2	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{кристалл})}$
3	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{кристалл})}$
4	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{кристалл})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})}$
5	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{кристалл})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{жидкость})}$
6	$\text{SO}_3_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{SO}_3_{(\text{пар})}$
7	$\text{SO}_3_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{SO}_3_{(\text{кристалл})}$
8	$\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{жидкость})}$
9	$\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{кристалл})}$
10	$\text{CO}_2_{(\text{кристалл})} \rightarrow \text{CO}_2_{(\text{пар})}$
11	$\text{CO}_2_{(\text{кристалл})} \rightarrow \text{CO}_2_{(\text{жидкость})}$
12	$\text{H}_2\text{S}_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(\text{пар})}$
13	$\text{H}_2\text{S}_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(\text{кристалл})}$
14	$\text{H}_2\text{S}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(\text{жидкость})}$
15	$\text{SO}_3_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{SO}_3_{(\text{пар})}$
16	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{жидкость})}$
17	$\text{CO}_2_{(\text{кристалл})} \rightarrow \text{CO}_2_{(\text{пар})}$
18	$\text{H}_2\text{S}_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(\text{пар})}$
19	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{кристалл})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{жидкость})}$
20	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{кристалл})}$
21	$\text{H}_2\text{S}_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(\text{кристалл})}$
22	$\text{CO}_2_{(\text{кристалл})} \rightarrow \text{CO}_2_{(\text{жидкость})}$
23	$\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{кристалл})}$
24	$\text{H}_2\text{S}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(\text{жидкость})}$
25	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{кристалл})}$
26	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{жидкость})}$
27	$\text{SO}_3_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{SO}_3_{(\text{кристалл})}$
28	$\text{H}_2\text{S}_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(\text{пар})}$
29	$\text{CO}_2_{(\text{кристалл})} \rightarrow \text{CO}_2_{(\text{пар})}$
30	$\text{SO}_3_{(\text{жидкость})} \rightarrow \text{SO}_3_{(\text{пар})}$

Задание 6

Определить температуру замерзания X% (масс) водного раствора А, если кажущаяся степень ионизации соли в данном растворе $\alpha = Y$.

№ п/п	X% (масс)	Водный раствор А	$\alpha = Y$
1	5	Сульфат натрия	0,95
2	4	Хлорид натрия	0,90
3	3	Хлорид бария	0,92
4	2	Хлорид алюминия	0,94
5	3	Сульфат алюминия	0,96
6	4	Сульфат меди (II)	0,95
7	5	Фосфат натрия	0,92
8	6	Карбонат калия	0,94
9	4	Иодид калия	0,96
10	5	Сульфат железа (III)	0,92
11	5	Хлорид натрия	0,95
12	4	Иодид бария	0,92
13	3	Бромид меди (II)	0,94
14	6	Нитрат кальция	0,95
15	5	Нитрат железа (III)	0,90
16	5	Иодид бария	0,92
17	6	Хлорид натрия	0,90
18	4	Сульфат алюминия	0,96
19	2	Фосфат натрия	0,92
20	3	Сульфат меди (II)	0,95
21	3	Карбонат калия	0,94
22	6	Иодид калия	0,96
23	2	Сульфат железа (III)	0,92
24	6	Хлорид натрия	0,95
25	2	Иодид бария	0,92
26	2	Сульфат натрия	0,95
27	5	Хлорид натрия	0,90
28	6	Хлорид бария	0,92
29	3	Хлорид алюминия	0,94
30	6	Сульфат алюминия	0,96

Задание 7

По данным таблицы для приведенного электролита с указанной концентрацией рассчитать эквивалентную электропроводность раствора, константу диссоциации электролита и pH раствора с учетом значений предельной подвижности соответствующих электролиту катионов и анионов. Все данные приведены для 18⁰С.

Вариант	Электролит	Концентрация, С, моль/л	Удельная электропроводность, $\chi \cdot 10^4$, Ом ⁻¹ ·м ⁻¹	Предельная подвижность, $\lambda_0 \cdot 10^4$, Ом ⁻¹ ·м ² ·моль ⁻¹	
				катиона	аниона
1	CH ₃ COOH	0,050	0,0318	315	34
2	CH ₃ COOH	0,167	0,0584	315	34
3	CH ₃ COOH	0,837	0,1225	315	34
4	CH ₃ COOH	1,688	0,1526	315	34
5	CH ₃ COOH	2,546	0,1619	315	34
6	CH ₃ COOH	3,415	0,1605	315	34
7	C ₂ H ₅ COOH	0,135	0,0479	315	29,5
8	C ₂ H ₅ COOH	0,678	0,0925	315	29,5
9	C ₂ H ₅ COOH	1,376	0,1113	315	29,5
10	C ₂ H ₅ COOH	2,062	0,1099	315	29,5
11	NH ₄ OH	0,0001	0,00066	64	174
12	NH ₄ OH	0,0005	0,0019	64	174
13	NH ₄ OH	0,001	0,0028	64	174
14	NH ₄ OH	0,005	0,0066	64	174
15	NH ₄ OH	0,010	0,096	64	174
16	CH ₃ COOH	0,050	0,0318	315	34
17	CH ₃ COOH	0,167	0,0584	315	34
18	CH ₃ COOH	0,837	0,1225	315	34
19	CH ₃ COOH	1,688	0,1526	315	34
20	CH ₃ COOH	2,546	0,1619	315	34
21	CH ₃ COOH	3,415	0,1605	315	34
22	C ₂ H ₅ COOH	0,135	0,0479	315	29,5
23	C ₂ H ₅ COOH	0,678	0,0925	315	29,5
24	C ₂ H ₅ COOH	1,376	0,1113	315	29,5
25	C ₂ H ₅ COOH	2,062	0,1099	315	29,5
26	NH ₄ OH	0,0001	0,00066	64	174
27	NH ₄ OH	0,0005	0,0019	64	174
28	NH ₄ OH	0,001	0,0028	64	174
29	NH ₄ OH	0,005	0,0066	64	174
30	NH ₄ OH	0,010	0,096	64	174

Задание 8

Ниже приведены зависимости эквивалентной электропроводности электролитов от концентрации при $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Графически доказать, какой это электролит: а) KOH или HCl; б) LiOH или NaOH, и что является сильным электролитом.

8а-соответствует четной цифре зачетной книжки

8б-соответствует нечетной цифре зачетной книжки

а)

C (экв/л)	0,001	0,005	0,020	0,050
λ ($\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{экв}^{-1}$)	130,51	127,5	121,4	115,2

б)

C (экв/л)	0,020	0,040	0,070	0,090
λ ($\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{экв}^{-1}$)	233,9	225,1	217,5	213,4

Задание 9

Дать обоснованный ответ на вопрос, соответствующий номеру варианта:

1. Химическая термодинамика и ее особенности.
2. Термодинамическая система.
3. Термодинамические параметры. Интенсивные и экстенсивные.
4. Термодинамические процессы. Равновесные и неравновесные.
5. I-ый закон термодинамики. Математическое выражение и формулировка.
6. Теплота, работа. Состояние системы. Функция состояния и функция процесса.
7. Связь между энтальпией (ΔH) и внутренней энергией (ΔU).
8. Тепловой эффект. Закон Гесса.
9. Теплоемкость. Истинная теплоемкость. Удельная и молярная теплоемкости.
10. Теплота образования. Определение тепловых эффектов по теплоте образования.
11. Экспериментальное определение теплоты образования. Калориметр.

12. Теплота сгорания. Определение теплового эффекта по теплоте сгорания.
13. Зависимость тепловых эффектов от температуры. Уравнение Кирхгофа.
14. Приближенное и точное интегрирование уравнения Кирхгофа.
15. II-ой закон термодинамики. Математическое выражение и формулировки.
16. Энтропия и термодинамическая вероятность.
17. Процессы в неизолированных системах. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца.
18. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константа равновесия.
19. Зависимость константы равновесия K_p и K_c от температуры. Уравнение Вант-Гоффа. Анализ.
20. Зависимость константы равновесия K_N от давления. Принцип Ле-Шателье.
21. Фазовое равновесие. Фаза, компонент, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса.
22. Давление пара твердых и жидких тел. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Диаграмма состояния воды.
23. Растворы. Идеальные и неидеальные. Закон Рауля.
24. Законы Коновалова. Диаграммы состояния "состав-температура кипения" и "состав-общее давление".
25. Повышение температуры кипения раствора. Эбулиоскопия.
26. Понижение температуры замерзания раствора. Криоскопия.
27. Перегонка и ректификация.
28. Растворы электролитов. Сильные и слабые. Степень диссоциации. Константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда.
29. Удельная и эквивалентная электропроводности. Зависимость их от концентрации электролита. Уравнение Кольрауша.
30. Процессы в неизолированных системах. Энергия Гиббса и Гельмгольца.

Библиографический список

1. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А.А. Равделя и А.М.Пономаревой. 10-е изд. испр. и доп. - СПб. : "Иван Федоров", 2002. - 240с.
2. Киреев, В.А. Краткий курс физической химии / В.А. Киреев. - изд. 5-е. - М. : Химия, 1978. - 624 с.
3. Зимон, А.Д. Физическая химия : учебник для вузов / А.Д. Зимон. - М. : Агар, 2003. - 320 с.
4. Краткий курс физической химии : учебное пособие для вузов / С.М. Кочергин [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1978. - 312 с.

Учебное издание

Нуриева Эльвира Нурисламовна
кандидат педагогических наук, доцент

Сафиуллина Татьяна Рустамовна
кандидат химических наук, доцент

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ЧАСТЬ 1

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 20.12.2010.
Подписано в печать 20.02.2011.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 2. Тираж 100.
Заказ №3.

НХТИ (филиал) ГОУ ВПО «КГТУ», г. Нижнекамск, 423570,
ул. 30 лет Победы, д. 5а.