

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 14.09.2022 16:36:53
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 » 09 2020 г.



ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

методические указания к выполнению индивидуальных и самостоя-
тельных работ для студентов направлений 18.03.01 – Химическая тех-
нология и 04.03.01 - Химия

Курск 2020

УДК 541.1

Составитель С.Д. Пожидаева

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент Г.В. Бурых

Физическая химия : методические указания к выполнению индивидуальных и самостоятельных работ для студентов направлений 18.03.01 – Химическая технология и 04.03.01 - Химия / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Д. Пожидаева. Курск, 2020. 41 с.: табл. 27.

Содержат методические указания к выполнению самостоятельной и индивидуальной работы по физической химии.

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 21.02.20 . Форма 60x84 1/16.
Усл. печ.л. 24. Уч.-изд.л.2. Тираж 30 экз. Заказ. 04. Бесплатно
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Элементы учения о строении вещества. Поляризация. Рефракция. Задания к индивидуальной работе студентов.....	4
Задания к самостоятельной работе студентов.....	6
Основные положения спектроскопии. Задания к самостоятельной работе студентов.....	12
Первый закон термодинамики. Термохимия. Задания для индивидуальной работы студентов	16
Задания к самостоятельной работе студентов.....	18
Второй закон термодинамики. Задания для индивидуальной работы студентов.....	21
Энергия Гиббса и Гельмгольца. Задания для индивидуальной работы студентов.....	22
Задания к самостоятельной работе студентов.....	23
Химическое равновесие. Задания для индивидуальной работы студентов.....	25
Задания к самостоятельной работе студентов.....	29
Фазовое равновесие одно- и двухкомпонентных систем. Задания для индивидуальной работы студентов.....	30
Гетерогенное равновесие в бинарных системах, содержащих жидкую и паровую фазы. Задания для индивидуальной работы студентов.....	33
Библиографический список.....	40

Введение

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.

Элементы учения о строении вещества. Поляризация.

Рефракция

Задания для индивидуальной работы студентов

1. Многовариантная задача.

По показателю преломления и плотности вещества (таблица 1) определить рефракцию и сравнить ее с значением, рассчитанным по правилу аддитивности.

Таблица 1 – Исходные данные для определения

№	Вещество	№	Вещество	№	Вещество
1	анилин	8	бромбензол	15	2-бутанол
2	ацетон	9	диэтиловый эфир	16	гептан
3	бензол	10	метилацетат	17	глицерин
4	1-бутанол	11	1-пропанол	18	гексан
5	1,4-диоксан	12	хлорбензол	19	метилформиат
6	нитробензол	13	этиленгликоль	20	нитробензол
7	о-ксилол	14	циклогексан	21	фенол

2. Многовариантная задача.

Определите электрический момент диполя вещества А (таблица 2)

Таблица 2 – Исходные данные для определения

№	Вещество	t, °C	№	Вещество	t, °C	№	Вещество	t, °C
1	CHCl ₃	20	8	CHCl ₃	30	15	CHCl ₃	40
2	C ₂ H ₅ OH	20	9	C ₂ H ₅ OH	30	16	C ₂ H ₅ OH	50
3	CH ₃ COCH ₃	20	10	CH ₃ COCH ₃	30	17	CH ₃ COCH ₃	50
4	C ₂ H ₅ COC ₂ H ₅	20	11	C ₂ H ₅ COC ₂ H ₅	30	18	C ₂ H ₅ COC ₂ H ₅	25
5	C ₆ H ₅ Br	20	12	C ₆ H ₅ Br	30	19	C ₆ H ₅ Br	40
6	C ₆ H ₅ Cl	20	13	C ₆ H ₅ Cl	25	20	C ₆ H ₅ Cl	50
7	C ₆ H ₅ NO ₃	20	14	C ₆ H ₅ NO ₃	30	21	C ₆ H ₅ NO ₃	50

на основании данных о поляризации при бесконечном разведении в неполярном растворителе при нескольких температурах [1, с.158].
 Рассчитайте молярную рефракцию на основании плотности и показателя преломления при одной температуре и определите приблизительно электрический момент диполя по поляризации при бесконечном разбавлении и молярной рефракции при одной температуре

3. Многовариантная задача.

При 293 К плотность a %-ного раствора вещества А в растворителе В равна ρ (таблица 3), показатель преломления n . Рассчитайте молярную рефракцию вещества А, если плотность растворителя В равна ρ_0 , показатель преломления n_0 (таблица 4).

Таблица 3 – Исходные данные для определения

№	a , %	А	В	$\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	n
1	20,0	HCl	CH ₃ OH	0,915	1,374
2	12,5	Na ₂ SO ₄	H ₂ O	1,116	1,352
3	50,0	SnCl ₄	CH ₃ COOC ₂ H ₅	1,487	1,476
4	90,0	C ₂ H ₄ Br ₂	C ₃ H ₇ OH	1,866	1,503
5	50,0	CH ₃ COOH	C ₆ H ₆	0,947	1,434
6	52,0	SCNC ₃ H ₅	C ₅ H ₁₀ NH	1,075	1,580
7	66,0	C ₆ H ₅ NH ₂	C ₂ H ₅ OH	0,959	1,516
8	3,6	C ₆ H ₅ COOH	C ₆ H ₅ CH ₃	0,856	1,493
9	40,0	HClO ₃	H ₂ O	1,293	1,367
10	9,0	K ₂ SO ₄	H ₂ O	1,075	1,345
11	50,0	CH ₃ COCH ₃	C ₆ H ₆	0,839	1,428
12	25,0	SCNC ₃ H ₅	O-C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	0,968	1,551
13	44,0	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	H ₂ O	1,191	1,406
14	44,0	CO(NH ₂)	H ₂ O	1,121	1,400
15	40	C ₅ H ₁₀ NH	SCNC ₃ H ₅	1,085	1,582

Таблица 4 – Исходные данные для определения

Растворитель	$\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	n	Растворитель	$\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	n
H ₂ O	1,000	1,333	CH ₃ OH	0,805	1,329
C ₂ H ₅ OH	0,808	1,364	CH ₃ COOC ₂ H ₅	0,903	1,375
C ₃ H ₇ OH	0,807	1,386	SCNC ₃ H ₅	1,019	1,530
C ₅ H ₁₀ NH	0,863	1,461	C ₆ H ₆	0,885	1,504
C ₆ H ₅ CH ₃	0,8637	1,497	O-C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	0,881	1,505

Задания к самостоятельной работе студентов

Вариант 1.

1. Зависимость рефракции вещества факторов:

Рефракция от агрегатного состояния	а	зависит
Рефракция от температуры	б	не зависит
Рефракция от величины пробы	в	нет однозначного ответа

2. Формулы, связывающие удельную рефракцию раствора с удельными рефракциями его компонентов _____.

3. Для определения состава водных растворов пропилового спирта были определены показатели преломления стандартных растворов приведенные ниже (таблица 5)

Таблица 5 – Исходные данные для определения

Содержание пропилового спирта, %	0	10	20	30	40
n	1,3333	1,3431	1,3523	1,3591	1,3652

Построить градуировочный график и определить содержание пропилового спирта в растворах, показатель преломления которых 1,3470.

4. Общая формула молекулы вещества C₅H₅N. Как оно называется, если при 298 К его показатель преломления 1,5095, а плотность 982 кг/м³?

Вариант 2.

1. Каков процентный состав раствора (объемный %) глицерина в воде, если показатель преломления его 1,404, а чистых компонентов соответственно 1,4744 и 1,333?

2. Определение поляризации вещества под действием светового излучения.

3. Механизм возникновения электронной, атомной и ориентационной поляризации.

4. Для пропанола экспериментально получены приведенные в таблице данные (таблица 6).

Таблица 6 – Исходные данные для определения

T, К	283	288	293	298
ε	29	24,2	23,2	18,3
ρ , кг/м ³	810	806	804	798

Рассчитать дипольный момент молекулы в Кл·м, сравнить с табличным значением ($1 \text{ Кл}\cdot\text{м} = 0,949 \cdot 10^5 \text{ м}^{5/2} \cdot \text{кг}^{1/2} \cdot \text{с}^{-1}$).

Вариант 3.

1. Рефракция рассчитывается по формуле:

$$\text{а) } = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} \quad \text{б) } = \frac{\mu^2}{3kT} \quad \text{в) } = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d} \quad \text{г) } \Pi = \frac{4}{3} \pi N A_{gr} + \frac{4}{3} \pi N A_{am} + \frac{4}{3} \pi N \frac{\mu^2}{3kT}$$

2. Определение молярной рефракции вещества как аддитивной величины.

3 Структура соединения с эмпирической формулой C₄H₈O₂ если при 298 К показатель преломления равен 1,3734, а плотность 990 кг/м³ имеет вид _____

4. Определить показатель преломления раствора изобутилового спирта, содержащего при 293 К 37% (масса) изопропилового спирта, имеющего плотность 0,75 925 г/см³ Необходимые данные взять из справочника.

Вариант 4.

1. Что такое диэлектрическая проницаемость? Что она характеризует, как она связана с поляризуемостью молекул? Привести уравнение Клаузиуса-Мосотти.

2. Напишите формулы, связывающие удельную рефракцию раствора с удельными рефракциями его компонентов.

3. Поляризуемость молекулы, ее слагаемые _____.

4. Удельная рефракция раствора, состоящего из бензола и нитробензола, 0,2910 см³/г. Плотность бензола 0,8790 г/см³, показатель пре-

ломления $n=1,5011$. Плотность нитробензола $1,2033 \text{ г/см}^3$, показатель преломления $n=1,5524$. Определите состав этого раствора.

Вариант 5

1. Рефракция рассчитывается по формуле _____
2. Пользуясь таблицей атомных рефракций, вычислить удельную рефракцию этилформиата.
3. Вещество, имеющее брутто-формулу $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$, необходимо идентифицировать по справочнику, если известно, что его показатель преломления при 20°C равен $1,5861$, а плотность – $1019,5 \text{ кг/м}^3$.
4. Напишите формулу, выражающую зависимость поляризации от температуры. Зависимость поляризации от температуры.

Вариант 6

1. Какая величина рассчитывается по формуле: $\frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2) \cdot \rho}$ какой ее физический смысл? Какова размерность этой величины?
2. Пользуясь таблицей атомных рефракций, рассчитать удельную рефракцию уксусного ангидрида.
3. Механизм возникновения электронной, атомной и ориентационной поляризации.
4. Для уксусноэтилового эфира экспериментально получены данные (таблица 7). Рассчитать дипольный момент молекулы в Кл·м, сравнить с табличным значением ($1 \text{ Кл} \cdot \text{м} = 0,949 \cdot 10^5 \text{ м}^{5/2} \text{ кг}^{1/2} \text{ с}^{-1}$).

Таблица 7 – Исходные данные для определения

T, К	283	288	293	298
ε	7,31	7,31	6,41	6,02
ρ , кг/м ³	913	906	900	894

Вариант 7.

1. Как рассчитать процентный состав смеси двух жидкостей, что для этого необходимо знать?
2. Пользуясь таблицей атомных рефракций, определить молярную и удельную рефракцию глюкозы.
3. При 293 К показатель преломления вещества, имеющего брутто формулу $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ $n = 1,3993$, а его плотность $806,95 \text{ кг/м}^3$. Это веще-

ство является спиртом или эфиром? Доказать.

4. Какова плотность раствора о-ксилола при 293 К, содержащего 55% (масса) бутилового спирта, если его показатель преломления при этой температуре 1,447? Необходимые дополнительные данные взять из справочника.

Вариант 8.

1. Какая величина рассчитывается по формуле: $\frac{4}{3} \pi N A_0$? Что она собой представляет? Какова ее размерность?

2. Вычислить молярную и удельную рефракцию фенилгидразина, пользуясь таблицей атомных рефракций.

3. Вещество имеет брутто-формулу C_8H_8 . Необходимо идентифицировать его, если известно, что при 20°C оно имеет показатель преломления 1,5468 и плотность 940 кг/м³.

4. Найти процентное содержание аллилового спирта в о-ксилоле, если при 293 К показатель преломления смеси равен 1,485, а ее плотность составляет 0,87278 г/см³. Дополнительные данные, если они необходимы, взять из справочника.

Вариант 9.

1. Воспользовавшись таблицей атомных рефракций, рассчитать удельную рефракцию диоксана.

2. Для хлороформа при 283 К экспериментально определены следующие величины: показатель преломления 1,4456, плотность 1,5077 г/см³, дипольный момент 1,148 Д. Определить удельную поляризацию хлороформа.

3. Плотность вещества, имеющего общую формулу $C_4H_8O_2$, при 298 К 900,5 кг/м³, а его показатель преломления – 1,3726. Идентифицировать указанное вещество.

4. Каков показатель преломления этиленгликоля, если 30%-й (объем) водный раствор его имеет показатель преломления 1,3625, а воды – 1,333?

Вариант 10.

1. Какая величина рассчитывается по формуле $\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho}$. Какова размерность этой величины?

2. Пользуясь таблицей атомных рефракций, вычислить удель-

ную рефракцию ацетофенона.

3. Вещество имеет брутто-формулу C_7H_8O . Необходимо идентифицировать его, если известно, что при $20^{\circ}C$ оно имеет показатель преломления 1,5405, а плотность – $1,045 \text{ г/см}^3$.

4. Определить показатель преломления смеси, содержащей 19% (масса) аллилового спирта при 298 К в о-ксилоле и имеющей плотность при этой температуре 875 кг/м^3 . Необходимые данные взять из справочника.

Вариант 11.

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

2. Вычислить удельную рефракцию нитробензола, воспользовавшись таблицей атомных рефракций.

3. Для хлорбензола определены: дипольный момент, равный $1,555 \text{ Д}$; плотность – $1,1279 \text{ г/см}^3$; показатель преломления – $1,5248$; молярная поляризация при бесконечном разведении – $85,6 \text{ см}^3/\text{моль}$.

4. Необходимо назвать соединение, имеющее брутто-формулу $C_3H_6O_2$, если известно, что при 293 К его плотность составляет $920,7 \text{ кг/м}^3$, а показатель преломления – $1,3593$.

Вариант 12.

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

2. По приведенным в таблице 8 данным вычислить процентную (по массе) концентрацию хлороформа в растворе.

Таблица 8 – Исходные данные для определения

	Показатель преломления	Плотность, кг/м^3
Хлороформ	1,4457	1488
Хлорбензол	1,5248	1110
Раствор	1,493	1260

3. Показатель преломления ацетона $n = 1,3591$ при 293К , а плотность – $0,7905 \text{ г/см}^3$. Определить молярную рефракцию и сопоставить полученную величину с рассчитанной по правилу аддитивности.

4. При 293 К раствор этиленгликоля в 2-пропаноле имеет показатель преломления 1,4, а плотность – 0,9036 г/см³. Каков процентный (по массе) состав раствора? Необходимые сведения взять в справочнике.

Вариант 13.

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

2. Пользуясь таблицей атомных рефракций, вычислить молекулярную рефракцию ацетонитрила.

3. Вещество имеет брутто-формулу C₈H₈O. Необходимо идентифицировать его, если известно, что при 20⁰C оно имеет показатель преломления 1,534, и плотность 1049 кг/м³.

4. По приведенным в таблице 9 данным вычислить процентную концентрацию пропилового спирта в растворе.

Таблица 9 – Исходные данные для определения

	Показатель преломления	Плотность, кг/м ³
Изобутиловый спирт	1,3958	802,7
Изопропиловый спирт	1,3773	785,1
Раствор	1,385	789,25

Вариант 14.

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

2. Пользуясь таблицей атомных рефракций, вычислить удельную и молярную рефракции этиленгликоля.

3. Показатель преломления вещества при 293К равен 1,5524, плотность его – 1,20975 г/см³, а общая формула – C₆H₅O₂N. Что это за вещество?

4. Для диэтилового эфира при 20⁰C экспериментально определены следующие величины: показатель преломления – 1,3526, плотность – 0,7135 г/см³, молярная поляризация при бесконечном разведении 55·10⁻⁶ м³/моль. Определить дипольный момент диэтилового эфира и проверить полученное значение по справочным данным.

Вариант 15.

1. Как рассчитать молярную рефракцию твердого вещества (показать на примере определения молярной рефракции глюкозы)?

2. Какова плотность этиленгликоля при 293 К, если его раствор, содержащий 58,5% (масса) 2-пропанола, имеет показатель преломления при этой же температуре 1,4 и плотность 0,9036 г/мл, а раствор, содержащий 41,5% (масса) 2-пропанола, имеет показатель преломления 1,4093 и плотность 0,9588 г/мл? Показатель преломления этиленгликоля при 200С равен 1,4 318.

3. Определить молярную рефракцию пиррола C_4H_5N , если показатель преломления равен 1,5034 и плотность составляет 929 кг/м³. Сравнить полученную величину с рассчитанной по правилу аддитивности.

4. Раствор 2-пропанола, содержащий 41,5% (масса) этиленгликоля при 293 К, имеет показатель преломления 1,4. Какова плотность этого раствора (в кг/м³)? Воспользуйтесь справочным материалом.

Основные положения спектроскопии

Задания к самостоятельной работе студентов

1. Взаимосвязь между светопоглощением (A) и светопропусканием (T):

A	B	C	D	E
$T = I/A$	$A = \lg T$	$T = -\lg A$	$A = -\lg T$	$T = \lg A$

2. Видимой области спектра соответствует диапазон волн:

A	B	C	D	E
380-750 нм	100-750 нм	750-100000 нм	380-100000 нм	100-380 нм

3. На молярный коэффициент поглощения влияют:

A	B	C	D	E
длина волны света	толщина поглощающего слоя	концентрация вещества	величина оптического поглощения	никакие факторы не влияют

4. Спектральной характеристикой называется зависимость светопоглощения от:

A	B	C	D	E
длина волны света	концентрации	толщины слоя	молярного коэффициента светопоглощения	удельного коэффициента светопоглощения

5. Величина коэффициента светопоглощения зависит:

A	B	C	D	E
от природы вещества	от концентрации раствора	от толщины поглощающего слоя	от интенсивности света	не зависит ни от чего

6. Области оптического диапазона, в которых применим метод спектрофотометрии:

A	B	C	D	E
Ультрафиолетовая; видимая; инфракрасная	Инфракрасная; видимая	Ультрафиолетовая; инфракрасная	Ультрафиолетовая; видимая	Видимая

7. Концентрация раствора при использовании молярного коэффициента светопоглощения выражается в:

A	B	C	D	E
моль/л	мг/мл	моль-экв/л	г/100 г раствора	г/л

8. Светопропускание исследуемого раствора равно 25%. Светопоглощение этого раствора составляет:

A	B	C	D	E
0,60	0,53	0,25	0,36	0,40

9. ИК области спектра соответствует диапазон длин волн:

A	B	C	D	E
750-100000 нм	100-380 нм	380-750 нм	100-750 нм	380-100000 нм

10. Формула для расчета светопоглощения (I_0 -интенсивность падающего света; I_t - интенсивность прошедшего):

A	B	C	D	E
$\lg I_0/I_t$	I_t/I_0	I_0/I_t	$\lg I_t/I_0$	$\ln I_0/I_t$

11. Светопоглощение 10^{-4} М раствора в кювете с толщиной поглощающего слоя 1 см, если $\epsilon = 104$, равно:

A	B	C	D	E
0,01	0,1	0,2	1,0	0,5

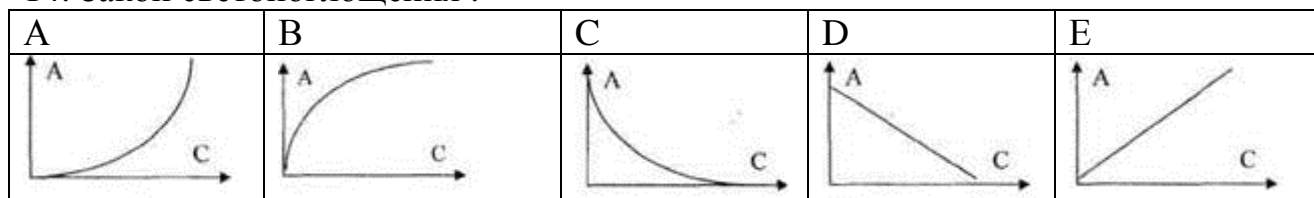
12. Ультрафиолетовой области спектра соответствует диапазон длин волн:

A	B	C	D	E
100-380 нм	380-750 нм	750-100000 нм	100-750 нм	380-100000 нм

13. Фотоэлектроколориметрическим методом можно анализировать:

A	B	C	D	E
эмульсии и суспензии	окрашенные растворы	аэрозоли	бесцветные растворы	коллоидные растворы

14. Закон светопоглощения :



15. Толщина поглощающего слоя кюветы в см, необходимая для получения светопоглощения 1,0 при фотометрировании 0,0002 М раствора цветного вещества, если $\epsilon = 5 \times 10^4$, равна:

A	B	C	D	E
1 см	5 см	2 см	0,1 см	0,2 см

16. Количественный анализ в фотометрических методах анализа основан на зависимости интенсивности поглощения от:

A	B	C	D	E
длины волны света	природы вещества	интенсивности падающего света	коэффициента светопоглощения	количества поглощающих частиц

17. Выражение основного закона светопоглощения

A	B	C	D	E
$A = k \cdot C \cdot l$	$A = k/C \cdot l$	$A = C \cdot k/l$	$A = C/l \cdot k$	$A = C \cdot l/k$

18. Физический смысл удельного коэффициента светопоглощения - это поглощение раствора с толщиной слоя 1 см и концентрацией:

A	B	C	D	E
1 М	1 н.	1 г/мл	1 г/л	1%

19. Спектральной характеристикой называется зависимость светопоглощения от:

A	B	C	D	E
толщины слоя	концентрации	молярного коэффициента светопоглощения	удельного коэффициента светопоглощения	длины волны электромагнитного излучения

20. Излучение света веществом происходит при переходе его атомов (молекул):

А	В	С
из состояния с меньшей энергией в состояние с большей энергией	из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией	излучение света не связано с процессами в атомах (молекулах)

21. Поглощение света веществом происходит при переходе его атомов (молекул):

А	В	С
из состояния с меньшей энергией в состояние с большей энергией	из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией	излучение света не связано с процессами в атомах (молекулах)

22. Атомы и молекулы могут конечное время находиться в стационарных состояниях, в которых они:

А	В	С
излучают энергию с постоянной интенсивностью	излучают энергию в виде фотонов одной частоты	не излучают и не поглощают энергию

23. Концентрацию каких растворов нельзя измерить рефрактометром?

А	В	С	Д
прозрачных	поглощающих	мутных	оптически активных

23. Какое явление описывает закон Бугера?

А	В	С	Д
преломление света	поляризацию света	дифракцию света	поглощение света веществом

24. Относительное изменение интенсивности света в слое вещества не зависит от

А	В	С	Д
толщины слоя	природы вещества	длины волны света	интенсивности падающего на вещество света

25. Могут ли два раствора одного вещества с одинаковой концентрацией иметь разную оптическую плотность?

а) да б) нет?

26. Концентрацию каких растворов можно измерить с помощью фотоколориметра

А	В	С
бесцветных	окрашенных	мутных

27. Какие оптические характеристики будут одинаковыми для слоёв одного раствора с разной толщиной?

А	В	С	Д
коэффициент пропускания	оптическая плотность	показатель поглощения	никакие

28. Показатель поглощения раствора не зависит от:

А	В	С	Д
свойств веществ	концентрации раствора	толщины слоя раствора	длины волны света

29. Окрашенность поглощающих растворов объясняется зависимостью поглощения света от:

А	В	С
природы вещества	концентрации вещества в растворе	длины волны

30. Какая величина является непосредственно измеряемой фотоэлектроколориметром?

А	В	С
показатель поглощения	коэффициент пропускания	концентрация раствора

31. При увеличении концентрации раствора вдвое какая из его оптических характеристик изменится также вдвое?

А	В	С
коэффициент поглощения	оптическая плотность	коэффициент пропускания

32. Растворы разных веществ имеют одинаковый коэффициент пропускания света при:

А	В	С
одинаковой толщине слоев	одинаковой оптической плотности	одинаковой концентрации

33. Показатель поглощения света веществом не зависит от:

А	В	С
природы вещества	толщины слоя вещества	частоты света

Первый закон термодинамики. Термохимия

Задания для индивидуальной работы студентов

1. Многовариантная задача.

Вычислите тепловой эффект реакции А при 298 К: а) при $P = \text{const}$; б)

$V = \text{const}$. Тепловые эффекты образования веществ при стандартных условиях возьмите из справочника. Данные для расчёта в таблице 10

Таблица 10 – Исходные данные для определения

№	Реакция A	№	Реакция A
1	$\beta\text{-NH}_4\text{Cl}_{\text{ТВ}} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	11	$3\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{AuCl}_3 \rightarrow 3\text{O}_2 + 6\text{HCl} + 2\text{Au}$
2	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}_{\text{Ж}} = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$	12	$4\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{NO}_2 + \text{O}_2$
3	$5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$	13	$2\text{CrCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{S} = 6\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{S} + 2\text{Cr}(\text{OH})_3$
4	$2\text{Fe}(\text{OH})_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	14	$2\text{AlCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{K}_2\text{S} = 6\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{S} + 2\text{Al}(\text{OH})_3$
5	$\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	15	$\text{S}_{\text{ромб}} + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + 2\text{CO}$
6	$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$	16	$5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HIO}_3 \rightarrow 5\text{O}_2 + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
7	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$	17	$\text{CaCO}_{3(\text{T})} + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
8	$\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{KCl} + 2\text{KMnO}_4$	18	$\text{MgCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
9	$3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	19	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
10	$\text{S}_{\text{ромб}} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_2 + 2\text{H}_2$	20	$\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{r})} + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{ж})}$

2. Многовариантная задача.

Вычислите выделяющуюся или поглощающуюся теплоту при разбавлении a кг водного $b\%$ -ного раствора вещества A в c кг воды при 298 К. Для расчёта воспользоваться справочными данными об интегральных теплотах растворения. Данные для расчёта в таблице 11.

Таблица 11 – Исходные данные для определения

№	A	a	b	c	№	A	a	b	c
1	HCl	1	26	2	11	KOH	4	45	3
2	H ₂ SO ₄	4	90	1	12	HNO ₃	0,5	53	2,5
3	NaOH	4	30	0,5	13	H ₂ SO ₄	2	60	3
4	KOH	3	50	2	14	NaOH	5	25	5
5	HNO ₃	2	45	4	15	HCl	3	34	1
6	NH ₃	4	30	10	16	NaCl	0,2	10	2,5
7	NaCl	4	26	10	17	NaI	0,5	20	1,5
8	NaI	2,5	30	5	18	KOH	2,5	30	0,5
9	NaBr	2	40	6	19	LiBr	1,5	45	2,5
10	LiCl	5	30	3	20	NaCl	5	20	1,5

3. Многовариантная задача.

Выведите аналитическую зависимость теплового эффекта (Дж) реакции A от температуры по известному тепловому эффекту реакции при

298 К. Уравнения зависимости теплоёмкости от температуры возьмите из справочника.

Вычислите тепловой эффект реакции при температуре T , постройте графики зависимости:

$$\sum(\nu_i C_p^0)_{\text{кон}} = f(T), \quad \sum(\nu_i C_p^0)_{\text{исх}} = f(T), \quad \Delta H_T^0 = f(T)$$

в том интервале температур, для которого справедливо выведенное уравнение $\Delta H_T^0 = f(T)$. Определите графически $\frac{\partial(\Delta H)}{\partial T}$ при температуре T .

Рассчитайте ΔC_T^0 при температуре T_1 . Данные для расчёта в таблице 12.

Таблица 12 – Исходные данные для определения

№	Реакция A	T , К	T_1 , К
1	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_{2\text{газ}}$	400	300
2	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} + \text{Cl}_2$	750	650
3	$\beta\text{-NH}_4\text{Cl}_{\text{тв}} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	455	450
4	$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} = 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$	1300	1000
5	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$	1000	900
6	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$	700	500
7	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$	900	320
8	$\text{S}_{\text{ромб}} + 2\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} = \text{SO}_2 + 2\text{H}_2$	600	400
9	$\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{г})} + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{\text{газ}}$	500	300
10	$\text{S}_{\text{ромб}} + 2\text{CO}_2 = \text{SO}_2 + 2\text{CO}$	800	320
11	$\text{C}_6\text{H}_{6\text{газ}} + 3\text{H}_2 = \text{C}_{12}\text{H}_{12\text{газ}}$	600	500
12	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{\text{газ}} = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$	400	300
13	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$	1200	1000
14	$2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}_{\text{газ}}$	800	350
15	$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$	400	350
16	$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$	700	500
17	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	400	350
18	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$	1000	900

4. Многовариантная задача.

На основании данных о приращении энтальпии ($H_T^0 - H_0^0$) определить энергию процессов, представленных в таблице 12.

Задания к самостоятельной работе студентов

1. Для реакции: $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})} \rightarrow \text{NH}_3(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г})$ найти: а) ΔH_{298}^0 ; б) ΔU_{298}^0 ; в) ΔC_p^0

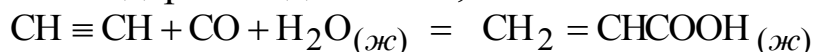
2. 6,4 моль $\text{Al}_{(\text{крист.})}$ нагрели от $T_1 = 298$ К до $T_2 = 400$ К. Найти ΔH при условии, что теплоемкость зависит от температуры.

3. Для реакции: $\text{NH}_4\text{Cl}_{(тв)} \rightarrow \text{NH}_{3(г)} + \text{HCl}_{(г)}$ найти: ΔH°_{500}
 4. Для реакции: $\text{NH}_4\text{Cl}_{(тв)} \rightarrow \text{NH}_{3(г)} + \text{HCl}_{(г)}$ найти ΔU°_{350} .
 5. Для реакции: $2\text{NO}_{2(г)} \rightarrow 2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)}$ найти: а) ΔH°_{298} ; ΔU°_{298} Δc_p°
 6. 2,6 г $\text{Au}_{(крист.)}$ нагрели от $T_1 = 298 \text{ К}$ до $T_2 = 400 \text{ К}$. Найти ΔH при условии, что теплоемкость зависит от температуры.

7. Определите молекулярную массу уксусной кислоты в парах по значению найденной калориметрическим способом удельной теплоты испарения $\Delta H_{исп} = 406,83 \text{ Дж/г}$ и по данным зависимости давления насыщенного пара от температуры:

T, К	363	383	403
P, мм рт.ст.	293	583	1040

8. Определить тепловой эффект реакции синтеза акриловой кислоты при 298 К и стандартном давлении,

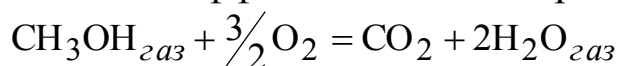


если известны теплоты образования:

Вещество	$\text{CH} \equiv \text{CH}$	CO	$\text{H}_2\text{O}_{(ж)}$	$\text{CH}_2 = \text{CHCOOH}_{(ж)}$
ΔH°_{298} , кДж/моль	226,75	-110,50	-285,84	-384.

9. Для реакции: $\text{CaCO}_3_{(тв)} \rightarrow \text{CaO}_{(тв)} + \text{CO}_{2(г)}$ найти: ΔH°_{298} ; ΔU°_{298} ; в) Δc_p°

10. Определить тепловой эффект химической реакции

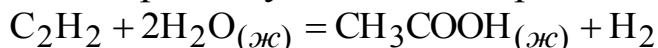


при 500 К и стандартном давлении по данным: $\Delta H^{\circ}_{298} = -675,99 \text{ кДж}$.

Вещество	CO_2	$\text{H}_2\text{O}_{газ}$	O_2	$\text{CH}_3\text{OH}_{газ}$
\bar{c}_p , Дж/(моль·К)	42,05	34,48	30,29	52,21

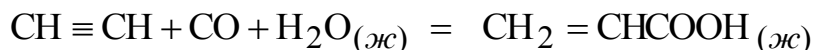
11. 1,24 г $\text{Ba}_{(крист.)}$ нагрели от $T_1 = 298 \text{ К}$ до $T_2 = 400 \text{ К}$. Найти ΔH при условии, что теплоемкость зависит от температуры.

12. Определите тепловой эффект ΔH (при $P=\text{const}$), ΔU (при $V=\text{const}$ при 298 К и стандартных условиях для реакции:



Данные для расчета взять в справочнике.

13. Определить тепловой эффект реакции синтеза акриловой кислоты



при 298 К и стандартном давлении, если известны теплоты сгорания:

Вещество	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	CO	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	$\text{CH}_2=\text{CHCOOH}_{(\text{ж})}$
$\Delta H_{\text{сг}}^{\circ}$, кДж/моль	-1299,63	-283,18	0	-1368,03

14. Вычислить количество теплоты, необходимое для нагревания 40 г воды до температуры 110°C. Теплоемкость считать постоянной. Данные для расчета взять в справочнике.

15. В калориметрический стакан с 230 мл воды при 298 К опущено из кипятка латунное тело массой 75 г. Какая температура воды при этом установилась, если известно, что теплоемкость калориметра равна 906,7 Дж/К.

16. Вычислить количество тепла при разбавлении 5 кг 30%-го водного раствора хлористого лития 29,7 кг воды при 298 К. Для расчета воспользоваться справочником.

17. Какова должна быть плотность серной кислоты, чтобы при добавлении 4,66 мл ее в калориметрический стакан с водой в нем выделилось 4200 Дж тепла?

18. Найти теплоту гидратации при растворении кристаллического сульфата меди в воде при 25°C, если интегральная теплота растворения соли при этих условиях составляет -68,37 кДж/моль. Для расчета воспользоваться справочником.

19. Определить тепловой эффект разведения 35,25%-го водного раствора ортофосфорной кислоты до 0,05%-й концентрации. Воспользоваться справочником.

20. По справочным данным рассчитать процентную концентрацию водного раствора бромистого натрия, если известно, что при разведении 2 кг его 7,63 кг воды при 298 К интегральная теплота растворения соли изменилась от -3,7 до -0,86 кДж/моль.

21. Рассчитать теплоту гидратации при растворении кристаллического сульфата магния в воде при 25°C, если его интегральная теплота растворения при этих условиях равна -87,61 кДж/моль. Для расчета воспользоваться справочником.

22. По табличным данным рассчитать количество воды (кг), которое необходимо добавить к 5 кг 84,5% водного раствора серной кислоты при 298 К, если известно, что при разведении интегральная теплота растворения кислоты изменилась от -28,07 до -67,03 кДж/моль.

23. Теплоемкость калориметрической системы. Сколько воды (мл) было налито в калориметр, если теплоемкость калориметрической системы равна 2400 Дж/К, а теплоемкость калориметра – 328 Дж/К.

24. Чему равна теплоемкость калориметрической системы, если тело массой 100 г, извлеченное из кипящей воды, опущено в калориметр; при этом температура воды в калориметре увеличилась с 21 до 23,2⁰С? Удельная теплоемкость тела – 0,5 Дж/(г·К).

25. Чему равна теплоемкость калориметра (Дж/К), если в нем находится 300 мл воды, а теплоемкость калориметрической системы равна 2260 Дж/К?

26. Чему равна теплоемкость калориметрической системы (Дж/К), если по нагревателю, погруженному в калориметр, в течение 10 мин проходит электрический ток силой 0,1 А и напряжением 10 В? Температура калориметра изменилась от 21,2 до 21,45⁰С.

Второй закон термодинамики.

Задания для индивидуальной работы студентов

1. Многовариантная задача.

Рассчитайте изменение энтропии при нагревании (охлаждении) при постоянном давлении в интервале температур от T_1 до T_2 г кг вещества А (таблица 13).

Таблица 13 - Исходные данные для расчета

№	Вещество А	g кг	T, К	T ₁ , К
1	бром	25	373	173
2	вода	45	421	223
3	ртуть	40	193	673
4	четырёххлористый углерод	80	323	373
5	муравьиная кислота	10	393	273
6	трихлоруксусная кислота	15	160	350
7	метанол	80	303	473
8	уксусная кислота	8	423	223
9	этанол	50	373	143
10	бензол	1	383	273
11	циклогексан	100	3873	273
12	н-гексан	10	173	373
13	нафталин	25	328	523
14	α-нафтол	75	579	323
15	толуол	50	423	173

2. Многовариантная задача.

Вычислите изменение энтропии для реакции А (таблица 13): а) при 298 К; б) при T (таблица 12). Необходимые сведения возьмите из

справочника.

3. Многовариантная задача.

Вычислите изменение энтропии для процессов перехода 1 моль газа A из состояния 1 ($P_1 = 1,013 \cdot 10^5$ Па, $T_1 = 298$ К) в состояние 2 (P_2, T_2) (таблица 14).

Таблица 14- Исходные данные для расчета

№	A (газ)	$P_2 \cdot 10^{-2}$, Па	T_2 , К	№	A (газ)	$P_2 \cdot 10^{-2}$, Па	T_2 , К
1	H ₂	1,33	250	11	CH ₄	13,3	550
2	H ₂ O	13,3	350	12	CO ₂	1,33	700
3	He	133,0	400	13	Ne	133,0	450
4	CH ₄	1,33	500	14	Cl ₂	1333	500
5	CO	133	600	15	Ar	13,3	600
6	CO ₂	1330	650	16	Kr	133,0	650
7	C ₂ H ₆	133,0	800	17	Xe	1,33	750
8	N ₂	1,33	900	18	O ₂	133,0	900
9	O ₂	133,0	1000	19	CO ₂	13,3	750
10	F ₂	13,3	400	20	CH ₄	13,3	550

Энергия Гиббса и Гельмгольца.

Задания для индивидуальной работы студентов

Многовариантная задача. Определите вероятность протекания реакции в условиях, представленных в таблице 15

Таблица 15 - Исходные данные для расчета

№	Реакция A	T , К
1	2	3
1	CH ₄ + 2H ₂ O _{газ} = CO ₂ + 4H ₂	373
2	C ₂ H ₆ = C ₂ H ₄ + H ₂	423
3	2CO ₂ = 2CO + O ₂	473
4	CO + Cl ₂ = COCl ₂	412
5	CH ₃ OH _{газ} = 2H ₂ + CO	500
6	SO ₂ Cl _{2газ} = SO ₂ + Cl ₂	700
7	2H ₂ O _{газ} + Cl ₂ = 4HCl + O ₂	250
8	CO ₂ + H ₂ = CO + H ₂ O _{газ}	400
9	C ₂ H ₅ OH _{газ} = C ₂ H ₄ + H ₂ O _{газ}	423
10	C ₆ H _{6газ} + 3H ₂ = C ₁₂ H _{12газ}	398
11	2N ₂ + 6H ₂ O _{газ} = 4NH ₃ + 3O ₂	398
12	4NH ₃ + 5O ₂ = 4NO + 6H ₂ O _{газ}	423

Продолжение табл.15

1	2	3
13	$2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$	398
14	$2\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{CO}_2$	198
15	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2 = \text{S}_{\text{ромб}} + 2\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$	273
16	$\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{г})} + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{\text{газ}}$	398
17	$\text{S}_{\text{ромб}} + 2\text{CO}_2 = \text{SO}_2 + 2\text{CO}$	173
18	$\beta\text{-NH}_4\text{Cl}_{\text{тв}} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	273
19	$\text{COCl}_2 = \text{CO} + \text{Cl}_2$	253
20	$\text{C}_6\text{H}_6_{\text{ж}} + 3\text{H}_2 = \text{C}_{12}\text{H}_{12\text{газ}}$	323

Задания к самостоятельной работе студентов

1. Для реакции: $2\text{NO}_2_{(\text{г})} \rightarrow 2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})}$ найти соответствия:

а)	$\Delta U^{\circ}_{298} =$	а)	113,7
б)	$\Delta U^{\circ}_{800} =$	б)	Нет значений
в)	$\Delta H^{\circ}_{500} =$	в)	115,9
г)	$\Delta H^{\circ}_{800} =$	г)	110,48

2. Для реакции: $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})} \rightarrow \text{NH}_3_{(\text{г})} + \text{HCl}_{(\text{г})}$ найти соответствия

а)	$\Delta H^{\circ}_{298} =$	а)	Нет значений
б)	$\Delta c_p^{\circ} =$	б)	180,9
в)	$\Delta U^{\circ}_{1000} =$	в)	177,0
г)	$\Delta H^{\circ}_{500} =$	г)	-19,29

3. Для реакции: $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})} \rightarrow \text{NH}_3_{(\text{г})} + \text{HCl}_{(\text{г})}$ найти соответствия

а)	$\Delta H^{\circ}_{500} =$	а)	178,42
б)	$\Delta U^{\circ}_{500} =$	б)	172,8
в)	$\Delta U^{\circ}_{1000} =$	в)	Нет значений
г)	$\Delta U^{\circ}_{298} =$	г)	159,0

4. Для реакции: $2\text{NO}_2_{(\text{г})} \rightarrow 2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})}$ найти соответствия:

а)	$\Delta H^{\circ}_{298} =$	а)	14,8
б)	$\Delta c_p^{\circ} =$	б)	111,8
в)	$\Delta U^{\circ}_{500} =$	в)	112,96
г)	$\Delta H^{\circ}_{500} =$	г)	Нет значений

5. Для реакции: $\text{CaCO}_3_{(\text{тв})} \rightarrow \text{CaO}_{(\text{тв})} + \text{CO}_2_{(\text{г})}$ найти соответствия

а)	$\Delta \nu$	а)	Нет значений
б)	$\Delta U^{\circ}_{500} =$	б)	177,8
в)	$\Delta H^{\circ}_{100} =$	в)	174,9
г)	$\Delta U^{\circ}_{298} =$	г)	1

6. Для реакции: $\text{CaCO}_3_{(\text{тв})} \rightarrow \text{CaO}_{(\text{тв})} + \text{CO}_2_{(\text{г})}$ найти соответствия

а)	$\Delta H^{\circ}_{298} =$	а)	177,4
б)	$\Delta c_p^{\circ} =$	б)	172,9
в)	$\Delta H^{\circ}_{1000} =$	в)	Нет значений
г)	$\Delta U^{\circ}_{500} =$	г)	-1,92

7. Для реакции $2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$ найти соответствия:

а)	ΔG_{1000}°	а)	-3,336
б)	ΔG_{800}°	б)	0,606
в)	K°	в)	Нет значения
г)	$\Delta S^{\circ} =$	г)	145,4

8. Для реакции: $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{тв})} \rightarrow \text{CaO}(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ найти соответствия

а)	$\Delta H^{\circ}_{500} =$	а)	1377,2
б)	$\Delta U^{\circ}_{298} =$	б)	1373,1
в)	$\Delta H^{\circ}_{298} =$	в)	Нет значений
г)	$\Delta U^{\circ}_{500} =$	г)	1376,98

9. Для реакции: $\text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})} \rightarrow \text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$ найти соответствия

а)	$\Delta U^{\circ}_{1000} =$	а)	Нет значений
б)	$\Delta c_p^{\circ} =$	б)	5,0
в)	$\Delta H^{\circ}_{500} =$	в)	24,6
г)	$\Delta U^{\circ}_{298} =$	г)	39,03

10. Для реакции $\text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})} \rightarrow \text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$ найти соответствия:

а)	ΔG_{500}°	а)	-76,8
б)	$\ln K^{\circ} =$	б)	5079
в)	K°	в)	Нет значения
г)	$\Delta S^{\circ} =$	г)	-8,6
д)	$\Delta H^{\circ} =$	д)	35,58

11 Для реакции: $\text{CH}_3\text{OH} + 1,5\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ найти соответствия:

а)	$\Delta H^{\circ}_{298} =$	а)	16,31
б)	$\Delta U^{\circ}_{1000} =$	б)	Нет значений
в)	$\Delta c_p^{\circ} =$	в)	-675,91
г)	$\Delta U^{\circ}_{298} =$	г)	-668,6

12. Для реакции $\text{CH}_3\text{OH} + 1,5\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ найти соответствия:

а)	$\Delta G_{750}^{\circ} =$	а)	Нет значения
б)	$K^{\circ} =$	б)	85,1
в)	$\Delta S^{\circ} =$	в)	-675,91
г)	$\ln K^{\circ} =$	г)	-530,62
д)	$\Delta H^{\circ} =$	д)	-194

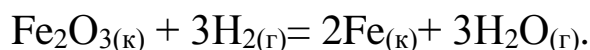
13. С чем будет более интенсивно взаимодействовать газообразный хлористый водород (в расчете на 1 моль): с алюминием или с оловом? Ответ дайте, рассчитав ΔG^0 обеих реакций. Продуктами реакций являются твердая соль и газообразный водород.

14. Возможно ли совместное хранение на складе этиленгликоля (антифризная жидкость) и калиевой селитры (удобрение)?

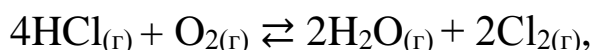
15. Рассчитать свободную энергию Гиббса для реакции
 $2\text{NO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{NO}_2$

при температурах 750, 900, 1050 и 1500 К, построить график $\Delta G - T$, сделать вывод о направлении реакции при разных температурах.

16. Установить, возможно ли при температуре 750 К восстановление оксида Fe(III) до свободного металла по уравнению



17. При какой температуре наступает равновесие системы



Химическое равновесие

Задания для индивидуальной работы студентов

1. Многовариантная задача.

Зависимость константы равновесия реакции A (таблица 16) от температуры выражается уравнением $\lg K_p = \frac{a}{T} + b \lg T + cT + d$ (коэффициенты a, b, c, d приведены в таблице 17).

Таблица 16 - Исходные данные для расчета

№	Реакция A	T, К
1	2	3
1	$2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}_{\text{газ}}$	800
2	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} + \text{Cl}_2$	750
3	$\beta\text{-NH}_4\text{Cl}_{\text{тв}} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	455
4	$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} = 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$	1300
5	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$	1000
6	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$	700
7	$\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$	400
8	$\text{S}_2 + 4\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}} = 2\text{SO}_2 + 4\text{H}_2$	1000
9	$\text{S}_2 + 4\text{CO}_2 = 2\text{SO}_2 + 4\text{CO}$	900
10	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_{2\text{газ}}$	400
11	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$	1200

Продолжение табл. 16

1	2	3
12	$\text{COCl}_2 = \text{CO} + \text{Cl}_2$	400
13	$\text{CH}_3\text{CHO}_{(г)} + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{\text{газ}}$	500
14	$\text{C}_6\text{H}_6_{\text{газ}} + 3\text{H}_2 = \text{C}_{12}\text{H}_{12\text{газ}}$	600
15	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{\text{газ}} = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$	400
16	$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$	700
17	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	400
18	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$	900
19	$4\text{CO} + 2\text{SO}_2 = \text{S}_2 + 4\text{CO}_2$	900
20	$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}$	1000

Определите: а) константу равновесия реакции A при температуре T , К; 2) постройте график $\lg K = f(1/T)$ в пределах температур от $(1-T)$ до $(1+T)$; 3) укажите, как изменяется константа с ростом T ; 4) определите тепловой эффект реакции при температуре T , К; 4) сопоставьте тепловой эффект, вычисленный в п.4 с тепловым эффектом, вычисленным по закону Кирхгофа при температуре T , К.

Таблица 17 - Исходные данные для расчета

№	a	b	$c, 10^{-3}$	d	№	a	b	$c, 10^{-3}$	d
1	3724	-9,1298	3,1	3,40	11	-2203	0	-0,05	2,3
2	5750	-2,136	0,86	-4,71	12	5020	1,75	0	-3,75
3	-9650	1,83	3,24	28,24	13	1522	5,42	-2,29	-2,81
4	-66250	-1,75	0	-10,21	14	9590	-9,92	2,29	-6,45
5	-47500	-1,75	0	-13,71	15	-1485	7,54	-4,25	7,00
6	-5749	1,75	-0,5	7,90	16	-29500	1,75	-1,22	-3,29
7	-2692	1,75	-4,83	1,94	17	-6365	2,96	-0,077	-2,34
8	-13810	-0,877	2,67	8,39	18	11088	3,11	-2,85	-1,48
9	-23000	4,34	-1,62	2,57	19	23000	-4,34	0,0002	-2,58
10	2250	-1,75	0,46	-7,21	20	9874	-7,14	1,88	-1,37

2. Многовариантная задача.

Вычислите константу равновесия K_p реакции при T (таблица 18). Для расчета воспользуйтесь методом Тёмкина-Шварца.

3. Многовариантная задача.

Для газовой реакции, уравнение которой приведено в таблице 19, найти K_p при 298 К и давлении p , если известна величина равновесной глубины реакции ξ при этой T . Начальные количества исход-

ных веществ равны стехиометрическим коэффициентам, продукта реакции в начальный момент нет.

Таблица 18 - Исходные данные для расчета

№	Реакция A	T, K
1	$S + 2CO_2 = SO_2 + 2CO$	900
2	$C_6H_{6\text{газ}} + 3H_2 = C_{12}H_{12\text{газ}}$	400
3	$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$	500
4	$CO + 2H_2 = CH_3OH$	600
5	$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_{2\text{газ}}$	500
6	$2H_2 + CO_2 = CH_3OH_{\text{газ}} + H_2O$	500
7	$CO + Cl_2 = COCl_2$	600
8	$2C_2H_5OH_{\text{газ}} = 2CH_3COCH_3 + 3H_2 + CO$	400
9	$\beta\text{-NH}_4Cl_{\text{тв}} = NH_3 + HCl$	500
10	$CH_4 + CO_2 = CH_3COOH$	400
11	$CO_2 + 2H_2 = HCHO + H_2O$	500
12	$CO_2 + H_2 = HCOOH$	400
13	$3H_2 + CO_2 = CH_3OH + H_2O$	500
14	$CO + C_2H_6 = CH_3COCH_3$	400
15	$H_2O + C_2H_4 = CH_3CH_2OH$	400
16	$C_2H_6 = C_2H_4 + H_2$	800
17	$CO_2 + 4H_2 = CH_4 + 2H_2O$	500
18	$CH_4 + 4PCl_5 = CCl_4 + PCl_3 + 4HCl$	400
19	$CH_4 + 2PCl_5 = CH_2Cl_2 + 2PCl_3 + 2HCl$	500
20	$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$	900

Таблица 19 - Исходные данные для расчета

№	Реакция	p, атм	ξ	№	Реакция	p, атм	ξ
1	$0,5A + 2B = C$	1,1	0,40	11	$0,5A + B = C$	2	0,56
2	$0,5A + B = 2C$	2	0,36	12	$A + B = C$	2	0,72
3	$A + 2B = C$	1,5	0,65	13	$A + 0,5B = 2C$	1,5	0,64
4	$2A + B = C$	1,5	0,72	14	$2A + B = 2C$	1,5	0,49
5	$2A + 2B = C$	1,3	0,48	15	$A + 2B = 2C$	1,5	0,40
6	$A + 2B = 0,5C$	1,4	0,40	16	$0,5A + 2B = 2C$	1,3	0,46
7	$A + 0,5B = C$	2	0,52	17	$A + 0,5B = 2C$	2,1	0,41
8	$2A + 0,5B = C$	1,8	0,54	18	$2A + 0,5B = 2C$	1,9	0,44
9	$A = B + C$	1,4	0,75	19	$2A = B + 0,5C$	1,3	0,80
10	$A = 2B + C$	1,5	0,62	20	$A = B + 2C$	1,4	0,69

4. Многовариантная задача.

По заданным значениям константы равновесия газовой реакции

($[p] = 1 \text{ Па}$) при разных температурах T (таблица 20) графически найти значения стандартной мольной теплоты реакции. Считать, что в указанном диапазоне температур она постоянна.

Таблица 20 - Исходные данные для расчета

№	Данные эксперимента					
	1	T, K	961	990	1020	1075
	K_p	126,5	221,4	404	1054	3428
2	T, K	290	303	317	339	357
	K_p	81,5	186,8	445,8	1451	3361
3	T, K	950	1000	1050	1150	1190
	K_p	114,2	270	741,3	3428	6003
4	T, K	950	980	1010	1042	1136
	K_p	114,9	181	330	590	2807
5	T, K	950	980	1020	1064	1176
	K_p	114,9	181	404	863	4915
6	T, K	900	1000	1100	1200	1300
	K_p	150	300	1200	5000	9000
7	T, K	283	293	307,3	333,1	348
	K_p	48,6	91,2	298	1139	2200
8	T, K	971	1010	1124	1163	1236
	K_p	156	330	2208	4024	10721
9	T, K	290	307,3	328	339	357
	K_p	81,5	298	780,5	1451	3361
10	T, K	950	990	1042	1111	1236
	K_p	114,9	221	590	1882	10721
11	T, K	980	1020	1050	1099	1150
	K_p	181	404	741	1635	3428
12	T, K	569	635	909	1176,5	1250
	K_p	1,105	2,58	60,34	460	3641
13	T, K	961	990	1031	1111	1163
	K_p	126,5	221,4	483	1882	4024
14	T, K	350	377,1	400	450	500
	K_p	3,98	33,1	141	1860	14800
15	T, K	285,7	293	307	317	333
	K_p	54,6	91	298	446	1139

Задания к самостоятельной работе студентов

1. Для реакции $\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$ найти соответствия:

а)	$\Delta G_{1000}^\circ =$	а)	180,9
б)	$\Delta H^\circ =$	б)	12,48
в)	$\ln K^\circ =$	в)	-103,74
г)	$\Delta S^\circ =$	г)	284,6

2. Для реакции $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}_{\text{aq}}$ найти соответствия:

а)	$\Delta G_{800}^\circ =$	а)	-194
б)	$K^\circ =$	б)	85,1
в)	$\Delta S^\circ =$	в)	-530,62
г)	$\ln K^\circ =$	г)	-675,9
д)	$\Delta H^\circ =$	д)	Нет значения

3. Для реакции: $2\text{NO}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$ найти соответствия:

а)	$\Delta H_{298}^\circ =$	а)	14,8
б)	$\Delta c_p^\circ =$	б)	111,8
в)	$\Delta U_{500}^\circ =$	в)	112,96
г)	$\Delta H_{500}^\circ =$	г)	Нет значений

4. Для реакции $2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$ найти соответствия:

а)	$\Delta G_{1000}^\circ =$	а)	-3,336
б)	$\Delta G_{800}^\circ =$	б)	0,606
в)	$K^\circ =$	в)	Нет значения
г)	$\Delta S^\circ =$	г)	145,4

5. Для реакции $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$ найти соответствия:

а)	$\Delta G_{500}^\circ =$	а)	-76,8
б)	$\ln K^\circ =$	б)	5079
в)	$K^\circ =$	в)	Нет значения
г)	$\Delta S^\circ =$	г)	-8,6
д)	$\Delta H^\circ =$	д)	35,58

6. Для реакции $\text{CH}_3\text{OH} + 1,5\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ найти соответствия:

а)	$\Delta G_{750}^\circ =$	а)	Нет значения
б)	$K^\circ =$	б)	85,1
в)	$\Delta S^\circ =$	в)	-675,91
г)	$\ln K^\circ =$	г)	-530,62
д)	$\Delta H^\circ =$	д)	-194

Фазовое равновесие одно- и двухкомпонентных систем

Задания для индивидуальной работы студентов

1. Многовариантная задача.

По зависимости давления пара от температуры и плотности данного вещества с молекулярной массой M в твёрдом и жидком состояниях ($d_{\text{ТВ}}$ и $d_{\text{Ж}}$ в кг/м^3) в тройной точке (тр.т.) (таблица 21): 1) постройте график зависимости $\lg P$ от $1/T$; 2) определите по графику координаты тройной точки; 3) рассчитайте среднюю теплоту испарения и возгонки; 4) постройте график зависимости P от T ; 5) определите теплоту плавления вещества при температуре тройной точки.

Таблица 21 - Исходные данные для расчета

№	Твердое состояние		Жидкое состояние		Условия		
					M	$d_{\text{ТВ}}$	$d_{\text{Ж}}$
1	2		3		4	5	6
1	268,2	401,2	296,2	505	18	918	1000
	296,2	437,2	272,2	533,2			
	270,2	475,9	273,2	573			
	271,2	517,2	275,2	656			
	272,2	533,3	278,2	760			
			283,2	982			
			288,2	1600			
2	248,0	7998	260,0	23327	27	718	719
	254,4	13300	265,0	27190			
	258,0	17995	270,0	31860			
	259,0	19995	278,0	40290			
	260,0	23327	282,2	47990			
3	55	1333	60,0	12663	28	1026	808
	58	3999	64,0	17329			
	59,2	11997	66,0	22394			
	63	14663	67,8	27993			
	64	17329	69,0	31992			
			71,0	39990			
4	100	4132	105	17329	30	1272	1260
	104	8531	112	29653			
	107	14663	114	34738			
	109	19995	115	38657			
	110,5	25367	116	46435			
	112	29653	117	53053			

Продолжение табл. 21

№	Твердое состояние		Жидкое состояние		Условия		
					<i>M</i>	<i>d</i> _{ТВ}	<i>d</i> _Ж
1	2		3		4	5	6
5	229,2	133,3	273,2	4786	32	837	825
	248,0	694,5	282,5	6665			
	257,0	1333	298,2	12697			
	267,2	2966	306,7	16369			
	273,2	4786	312,5	18929			
			316,5	21328			
6	173	7330	190	31192	34	1010	980
	178	11600	196	38657			
	183	16795	200	46655			
	184	19995	207	55986			
	190	31192	215	69476			
			221	77314			
7	196	101325	212	592751	44	1542	1510
	203	190491	220	648480			
	213	402360	223	674824			
	220	648480	239	1005114			
			241	1065237			
			242	1131722			
8	377,2	7064	373,2	10662	254	3960	3900
	381,2	8531	388,2	12397			
	383,2	9331	392,2	13997			
	386,2	10397	393,2	14796			
	389,7	11997	397,2	16929			
	392,2	13997	401,2	19462			
9	418,0	133,3	490,5	5332,0	174	954	948
	446,5	667,0	504,8	8020,0			
	460,2	1333,0	523,0	13300			
	474,9	2666,0	552,2	26660			
	490,5	5332,0	583,2	53320			
			612	101308			
10	223,2	133,3	244,2	1200	154	1680	1650
	237,2	466,5	253,2	1319			
	246,2	799,8	270,1	2465			
	252,2	1213	282,5	3865			
	253,2	1319	285,7	4398			

Окончание табл. 21

№	Твердое состояние		Жидкое состояние		Условия		
					<i>M</i>	<i>d</i> _{ТВ}	<i>d</i> _Ж
1	2		3		4	5	6
11	423,5	23994	446,4	47000	152	985	977
	433,2	31325	448,2	47454			
	437,7	35324	451,2	49987			
	441,2	39323	460	55986			
	444,2	43322	470	63317			
	448,2	47454	480	71345			
12	334,6	266,6	248,2	1046	127,5	1145	982
	338,4	352,2	353,7	1266,3			
	343,2	533,0	358,2	1399			
	348,2	733,1	363,8	1666			
	353,2	1039,7	368,8	2066			
	353,7	1266,3	373,8	2466			
13	353,2	39,99	363,2	186,6	122	1105	1095
	363,2	79,98	393,2	679,8			
	373,2	486,	395,2	733,1			
	383,2	393,2	400,7	973,1			
	393,2	679,8	403,7	1133			
			408,7	1399,6			
14	272,5	3332,5	275,7	4878,8	84	796	788
	27304	3599,1	280,2	5598,6			
	275,7	4065,6	281,7	5798,6			
	277,2	4398,9	283,3	6198,6			
	279,2	5065,4	285,2	6931,6			
	281,7	5798,6	287,5	7731,4			
15	99	10675	111	63984	83,5	3330	2150
	101,9	13995	115,5	68649			
	103	17330	117	72782			
	104,5	19995	118	77980			
	107,2	26660	119	82646			
	115,5	68649	119,6	87711			
16	177,3	15996	180	26660	81	1626	1610
	180	19995	185,5	32992			
	182	23994	188	37057			
	184	28659	191	43456			
	185,5	32992	194	51987			

2. Многовариантная задача.

По известным значениям давлений насыщенного пара над жидким веществом А p_1 и p_2 при температурах T_1 и T_2 (таблица 22) определите величину мольной энтальпии испарения вещества А.

Таблица 22 - Исходные данные для расчета

№	Вещество А	p_1 , Па	T_1 , К	p_2 , Па	T_2 , К
1	Муравьиная кислота	2082	279	3279	289
2	Ацетон	46188	308	63317	316
3	Вода	573	273	1600	288
4	Тетрахлорметан	3865	283	4398	286
5	Метанол	12697	298	21328	317
6	Муравьиная кислота	2932	285	3279	289
7	Ацетон	51720	311	63317	316
8	Циклогексан	6931,6	285,2	7731,4	287,5
9	Тетрахлорметан	2465	270	4398	286
10	Метанол	16396	307	21328	317
11	Муравьиная кислота	2626	283	3279	289
12	Ацетон	56186	313	63317	316
13	Циклогексан	6198,6	382,3	7731,4	287,5
14	Тетрахлорметан	1319	253,2	4398	286
15	Метанол	18929	313	21328	317
16	Муравьиная кислота	2372	281,4	3279	289
17	Ацетон	37724	303	63317	316
18	Циклогексан	5798,6	282	7731,4	287,5
19	Вода	760	278	1600	288
20	Метанол	6665	283	21328	317

Гетерогенное равновесие в бинарных системах, содержащих жидкую и паровую фазы

Задания для индивидуальной работы студентов

1. Многовариантная задача.

При температуре T давление насыщенного пара над чистой водой равно p . Рассчитать и выразить в Па давление насыщенного пара при той же температуре над раствором, содержащим m_1 г воды и m_2 г вещества А (таблица 23). Раствор можно считать идеальным.

Таблица 23 - Исходные данные для расчета

№	A	T, К	p, мм рт. ст.	m ₁ , г	m ₂ , г	№	A	T, К	p, мм рт. ст.	m ₁ , г	m ₂ , г
1	C ₉ H ₁₂ O ₉	298	23,75	5	120	11	(NH ₂) ₂ CO	298	23,75	5	110
2	(NH ₂) ₂ CO	298	23,75	5	120	12	CH ₄ N ₂ S	298	23,75	5	110
3	CH ₄ N ₂ S	298	23,75	5	120	13	C ₉ H ₁₂ O ₉	293	17,53	6	110
4	C ₉ H ₁₂ O ₉	293	17,53	6	120	14	(NH ₂) ₂ CO	293	17,53	6	110
5	(NH ₂) ₂ CO	293	17,53	6	120	15	CH ₄ N ₂ S	293	17,53	6	110
6	CH ₄ N ₂ S	293	17,53	6	120	16	C ₉ H ₁₂ O ₉	288	12,78	4	110
7	C ₉ H ₁₂ O ₉	288	12,78	4	120	17	(NH ₂) ₂ CO	288	12,78	4	110
8	(NH ₂) ₂ CO	288	12,78	4	120	18	CH ₄ N ₂ S	288	12,78	4	110
9	CH ₄ N ₂ S	288	12,78	4	120	19	C ₉ H ₁₂ O ₉	298	23,75	4	130
10	C ₉ H ₁₂ O ₉	298	23,75	5	110	20	(NH ₂) ₂ CO	298	23,75	4	130

2. Многовариантная задача.

При давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па определить температуру кипения раствора нелетучего вещества (2-й компонент) с мольной долей $N_2^{ж}$ в веществе А (1-й компонент раствора). Температура кипения чистого вещества и мольная энтальпия испарения приведены в таблице 24.

Таблица 24 - Исходные данные для расчета

№	A	T ₁ ⁰ , К	ΔH ₁ ^{0,исп} , кДж/моль	N ₂ ^ж	№	A	T ₁ ⁰ , К	ΔH ₁ ^{0,исп} , кДж/моль	N ₂ ^ж
1	C ₈ H ₁₀	411,5	36,01	0,01	11	C ₈ H ₁₀	411,5	36,01	0,02
2	CH ₄ O	337,77	35,29	0,01	12	CH ₄ O	337,77	35,29	0,02
3	C ₃ H ₆ O	329,28	29,107	0,01	13	C ₃ H ₆ O	329,28	29,107	0,02
4	C ₈ H ₁₀	417,56	36,84	0,01	14	C ₈ H ₁₀	417,56	36,84	0,02
5	C ₈ H ₁₀	412,23	36,38	0,01	15	C ₈ H ₁₀	412,23	36,38	0,02
6	C ₂ H ₆ O	351,47	39,3	0,01	16	C ₂ H ₆ O	351,47	39,3	0,02
7	C ₃ H ₈ O	370,35	41,248	0,01	17	C ₃ H ₈ O	370,35	41,248	0,02
8	C ₄ H ₁₀ O	390,83	43,17	0,01	18	C ₄ H ₁₀ O	390,83	43,17	0,02
9	C ₅ H ₁₂	309,22	25,797	0,01	19	C ₅ H ₁₂	309,22	25,797	0,02
10	C ₆ H ₁₄	341,89	24,872	0,01	20	C ₆ H ₁₄	341,89	24,872	0,02

3. Многовариантная задача.

На основании экспериментальных данных (таблица 25) о парциальных давлениях паров над системой (p₁, p₂) постройте график зависимости парциальных и общего давления (p) над системой от мольной

доли 2-го компонента $N_2^{жс}$. Определите, имеются ли отклонения от закона Рауля (положительные или отрицательные, существенные или незначительные) и вычислите коэффициенты активности каждого компонента раствора при следующих составах $N_2^{жс} = 0,3; 0,5; 0,7$.

Таблица 25 - Исходные данные для расчета

№	данные для построения графических зависимостей						
1	система «вода (1-й компонент) — метанол (2-й компонент)»						
	$N_2^{жс}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	0,316	0,273	0,207	0,147	0,087	0,000
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0,000	0,453	0,813	1,120	1,400	1,687
2	система «вода (1-й компонент) — ацетон (2-й компонент)»						
	$N_2^{жс}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	0,316	0,267	0,253	0,220	0,149	0,000
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0,000	1,879	2,253	2,479	2,706	3,056
3	система «хлороформ (1-й компонент) — ацетон (2-й компонент)»						
	$N_2^{жс}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	0	0,56	1,36	2,44	3,6	4,586
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	3,906	3	1,973	1,093	0,453	0
4	система «вода (1-й компонент) — 1,4диоксан (2-й компонент)»						
	$N_2^{жс}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	0,316	0,287	0,260	0,231	0,189	0,000
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0,000	0,287	0,369	0,407	0,441	0,492
5	система «этанол (1-й компонент) — бензол (2-й компонент)»						
	$N_2^{жс}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	0,596	0,500	0,447	0,407	0,343	0,000
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0,000	0,600	0,806	0,897	0,949	0,990
6	система «ацетон (1-й компонент) — диэтиловый эфир (2-й компонент)»						
	$N_2^{жс}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	3,769	3,132	2,533	1,933	1,200	0,000
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0,000	2,666	4,399	5,838	7,131	8,611

Продолжение табл. 25

№	данные для построения графических зависимостей						
7	система «хлороформ— диэтиловый эфир»						
	$N_2^{\text{жс}}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	1,933	1,48	0,92	0,46	0,165	0
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0	0,46	1,287	2,666	4,093	5,333
8	система «диэтиловый эфир— хлороформ»						
	$N_2^{\text{жс}}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	0	0,165	0,46	0,92	1,48	1,933
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	5,333	4,093	2,666	1,287	0,46	0
9	система «ацетон — сероуглерод»						
	$N_2^{\text{жс}}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	4,586	3,866	3,4	3,066	2,533	0
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0	3,733	5,04	5,666	6,133	6,826
10	система « ацетон — хлороформ»						
	$N_2^{\text{жс}}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	4,586	3,6	2,44	1,36	0,56	0
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0	0,453	1,093	1,973	3	3,906
11	система « хлороформ — ацетон »						
	$N_2^{\text{жс}}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	0	0,56	1,36	2,44	3,6	4,586
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	3,906	3	1,973	1,093	0,453	0
12	система «диэтиловый эфир— ацетон»						
	$N_2^{\text{жс}}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	8,611	7,131	5,838	4,399	2,666	0,000
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0,000	1,200	1,933	2,533	3,132	3,769
13	система « бензол — этанол»						
	$N_2^{\text{жс}}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	0,990	0,949	0,897	0,806	0,600	0,0
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0,0	0,343	0,407	0,447	0,500	0,596

Продолжение табл. 25

№	данные для построения графических зависимостей						
	система «ацетон — сероуглерод»						
	$N_2^{\text{жс}}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	4,586	3,866	3,4	3,066	2,533	0
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0	3,733	5,04	5,666	6,133	6,826
14	система «ацетон — хлороформ»						
	$N_2^{\text{жс}}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	4,586	3,6	2,44	1,36	0,56	0
	$p_2 \cdot 10^{-4}$, Па	0	0,453	1,093	1,973	3	3,906

4. Многовариантная задача

По зависимости состава жидкой фазы и находящейся с ней в равновесии пара от температуры для двухкомпонентной жидкой системы *A-B* (таблица 26): 1) построить график зависимости состава пара от состава жидкой фазы при постоянном давлении; 2) построить диаграмму кипения системы *A-B*; 3) определить температуру кипения системы с молярным содержанием *a* % вещества *A*; какой состав первого пузырька пара над этой системой? Какой состав последней капли жидкости? 4) определите состав пара, находящегося в равновесии с жидкой фазой, кипящей при температуре T_1 ; 5) какой компонент и в каком количестве может быть выделен из системы, состоящей из *b* кг вещества *A* и *c* кг вещества *B*? 6) какой компонент и в каком количестве надо добавить к указанной в предыдущем пункте, чтобы получилась азеотропная система; 7) какое количество вещества *A* будет в парах и в жидкой фазе, если 2 кг смеси с молярным содержанием *a* % вещества *A* нагреть до температуры T_1 . Значения *a*, *b*, *c*, T_1 в таблице 27.

Таблица 26 - Исходные данные для расчета (x – жидкая фаза, y – пар)

№	система	состав, %		Т, К	№	система	состав, %		Т, К
		x	y				x	y	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A - C ₄ H ₁₀ O B - C ₆ H ₁₂ O ₂	0,0	0,0	399,0	9	A – CH ₃ COCH ₃ B - CH ₃ OH	0,0	0,0	337,7
		21,9	33,4	394,2			4,8	14,0	335,9
		37,2	48,2	391,9			17,6	31,7	333,1
		51,4	58,0	390,9			28,0	42,0	331,3
		66,4	69,2	390,1			40,0	51,6	330,2
		72,2	74,1	389,9			60,0	65,6	329,1
		77,9	78,6	389,8			80,0	80,0	328,6
		84,7	84,4	390,0			90,0	94,0	328,8
		89,6	88,0	390,1			99,0	97,0	329,1
		100,0	100,0	390,5			100,0	100,0	329,5
2	A – CH ₃ COCH ₃ B - CH ₃ Cl ₃	0,0	0,0	334,3	10	A – HNO ₃ B – H ₂ O	0,0	0,0	373
		18,6	10,3	336,0			8,4	0,6	379,5
		34,0	31,8	336,8			12,3	1,8	385
		46,8	51,5	336,4			22,1	6,6	391,5
		57,8	65,2	335,2			30,8	16,6	394,6
		67,8	75,7	334,0			38,3	38,3	394,9
		75,5	83,2	332,9			40,2	60,2	394,0
		82,7	89,0	331,			46,5	75,9	391,0
		89,2	93,6	330,8			53,0	89,1	385
		94,9	97,3	330,0			61,5	92,1	372
100,0	100,0	329,0	100,0	100,0	357				
3	A – CH ₃ COCH ₃ B – C ₆ H ₆	0,0	0,0	352,8	11	A - C ₄ H ₁₀ O B - C ₆ H ₁₂ O ₂	0,0	0,0	325,6
		4,0	15,1	348,2			18,0	22,5	324,5
		15,9	35,3	342,5			28,2	32,2	324,1
		29,8	40,5	341,5			35,5	36,3	323,8
		42,1	43,6	340,8			37,0	37,0	323,7
		53,7	46,6	341,0			43,5	41,6	323,8
		62,9	50,5	341,4			59,1	50,4	324,2
		71,8	54,9	342,0			76,5	64,5	325,3
		79,8	60,6	343,3			86,8	75,2	326,5
		87,2	68,3	344,8			92,1	73,3	327,7
93,9	78,7	347,4	100,0	100,0	329,1				
100,0	100,0	351,1	12	A – CH ₃ OH B – C ₆ H ₆	0,0	0,0	351,6		
4	A – CH ₃ COCH ₃ B - CH ₃ Cl ₃	0,0			0,0	332,9	2,4	17,5	341,2
		7,9			6,0	333,3	3,6	30,1	336,9
		14,3			11,6	334,2	4,7	43,5	333,3
		18,6	16,0	334,8	5,9	54,1	330,7		

Продолжение табл. 26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		26,6	23,5	335,2			6,3	53,4	330,3
		39,4	39,4	335,4			9,2	54,6	329,8
		46,2	52,0	335,0			24,9	59,9	329,4
		53,6	59,8	334,3			64,5	64,5	329,4
		61,8	69,8	333,3			78,5	66,6	329,9
		71,5	79,2	331,9			84,7	71,3	330,6
		77,0	84,8	331,2			90,2	77,1	330,3
		82,1	90,1	330,2			94,1	84,4	332,6
		91,5	95,4	329,0			98,3	93,6	334,9
		100,0	100,0	328,2			100,0	100,0	336,1
5	<i>A</i> – CS ₂ <i>B</i> - CH ₃ COCH ₃	0,0	0,0	329,2	13	<i>A</i> - H ₂ O <i>B</i> - C ₄ H ₁₀ O	13,5	40,1	370,8
		1,9	8,3	327,0			15,0	42,0	370,1
		4,8	18,5	324,4			15,9	43,7	396,6
		13,4	35,1	319,6			17,2	44,6	369,0
		18,6	44,3	317,0			39,7	62,6	363,3
		29,1	52,8	314,4			40,5	63,3	363,2
		38,0	57,4	313,3			56,4	66,0	362,5
		44,8	59,8	312,8			60,5	66,7	362,4
		53,6	62,7	312,3			67,0	67,0	362,2
		65,3	66,1	312,1			97,5	67,2	362,5
		78,9	70,5	312,3			97,8	67,3	363,1
		87,9	76,0	313,5			98,6	771,4	364,5
		96,8	88,6	316,5			99,1	78,2	366,4
		100,0	100,0	319,3			99,8	85,7	371,9
6	<i>A</i> - H ₂ O <i>B</i> – C ₅ H ₁₂ O	0,0	0,0	377,5	14	<i>A</i> - H ₂ O <i>B</i> – C ₆ H ₄ O ₂	0,0	0,0	435,0
		18,9	42,7	367,8			2,0	10,0	431,8
		34,2	55,3	365,3			4,0	19,0	427,8
		53,8	63,4	364,3			6,0	36,0	419,0
		66,7	65,7	364,1			8,0	68,0	395,5
		75,7	66,9	364,2			10,0	81,1	382,5
		82,4	67,5	364,25			20,0	89,0	373,6
		87,5	68,1	364,3			30,0	90,5	371,7
		91,6	39,1	364,4			50,0	90,8	370,9
		94,9	70,3	364,8			90,8	90,8	370,9
		97,7	75,7	366,4			96,0	90,8	370,9
		99,5	91,0	369,0			98,0	92,0	371,1
		100,0	100,0	373,3			99,0	94,5	371,6
							100,0	100,0	373,0

Окончание табл. 26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	A – CHCl ₃ B - CH ₃ OH	0,0	0,0	337,9	15	A – CCl ₄ B – C ₂ H ₅ OH	0,0	0,0	350,9
		2,9	8,3	337,1			3,2	16,6	347,8
		6,3	16,1	335,4			7,0	26,5	345,4
		10,3	24,0	333,7			11,4	35,4	343,3
		15,2	32,3	332,1			16,6	43,5	341,4
		21,2	41,2	330,5			23,0	49,8	339,6
		28,7	48,8	328,9			31,0	53,6	338,3
		38,5	54,2	327,5			41,1	56,9	337,4
		51,8	58,9	326,7			55,67	59,7	336,9
		70,72	67,8	326,7			63,0	63,0	336,6
		84,7	82,3	330,0			72,9	66,9	337,3
8	A – CCl ₄ B – C ₄ H ₈ O ₂	0,0	0,0	347,1	16	A – HNO ₃ B - CH ₃ COOH	0,0	0,0	391,1
		7,3	10,0	346,3			10,0	3,0	395,1
		15,9	20,2	345,8			20,0	8,0	399,5
		35,2	38,9	344,9			33,3	34,0	401,6
		51,31	52,8	344,6			40,0	47,0	400,3
		57,2	57,7	344,6			50,0	82,0	393,3
		61,3	61,0	344,6			60,0	96,0	378,0
		69,3	67,5	344,8			100,0	100,0	358,3
		89,4	87,1	345,6					
		100,0	100,0	346,4					

Таблица 27 - Исходные данные для расчета (x – жидкая фаза, y – пар)

№	T ₁ , К	a	b	c	№	T ₁ , К	a	b	c
1	390,25	65	54,2	45,8	9	329,25	60	73	27
2	336	55	37,2	62,8	10	388	55	81	19
3	345	75	64	36	11	325	65	54,2	45,8
4	334,5	55	37,2	62,8	12	331	80	62,2	37,8
5	317	25	30,4	69,6	13	365	35	68,8	31,2
6	367	25	6,4	93,6	14	372	50	15,8	84,2
7	330,3	25	55,5	44,5	15	343	25	36,8	63,2
8	345,5	25	52,7	47,3	16	393	60	61,2	38,8

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. URL: http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/36/3/Brunov_V.T.%2C_Sviridov_V.V.ch1.pdf.

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. URL: <http://www.spsl.nsc.ru/FullText/%D0%9A%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/27-20141117/27-20141117.pdf>.

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. URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/40631>.