

**ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»**

Сборник методических указаний

для студентов

по выполнению практических работ

по учебной дисциплине

«ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»

обще профессионального цикла

программы подготовки специалистов среднего звена

по специальности 18.02.09 «Переработка нефти и газа»

Новый Уренгой 2016

Методические указания для выполнения практических работ разработаны в соответствии рабочей программой учебной дисциплины «Физической и коллоидной химии» на основе ФГОС СПО по специальности 18.02.09 Переработка нефти и газа и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов практических работ.

Методические указания по выполнению практических работ адресованы студентам очной формы обучения.

РАЗРАБОТЧИК:

Елена Эдуардовна Прудникова, преподаватель высшей квалификационной категории

Данные методические указания
являются собственностью

© ЧПОУ «Газпром Техникум Новый Уренгой»

Рассмотрены на заседании кафедры
нефтегазовых специальностей и
рекомендованы применению

Протокол № 4 от «09» 12 2016 г.

Заведующий кафедрой НГС

 Д.В. Сборщиков

Зарегистрирован в реестре программной и
учебно-методической документации

Регистрационный номер 154.МУ.ПН.ОП.05.КН.Р.

001-16

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1.Порядок выполнения практических работ	7
2. Требования к оформлению.....	7
3. Критерий оценки практической работы	8
4. Практические работы.....	9
4.1 Расчет параметров газа и газовых смесей.....	9
4.2 Определение параметров состояния системы.	17
4.3 Расчет тепловых эффектов реакций по термохимическим уравнениям ...	25
4.4 Растворы элеткролитов.....	29
4.5 Расчет коллигативных свойств растворов	36
4.6 Расчет процессов экстрагирования	44
Приложения	49
Приложение А.....	49
Список использованных источников	50
Лист согласования	53

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент!

Методические указания по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» для выполнения практических работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению практической работы, Вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами третьего поколения (ФГОС-3), краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к практической работе Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о практической работе Вы должны выполнить по приведенному алгоритму.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения зачета по дисциплине и допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую Вы должны найти время для ее выполнения или передачи.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения допуска к экзамену по дисциплине, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую работу Вы должны найти время для ее выполнения или передачи.

Выполнение практических работ направлено на достижение следующих **целей**:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;

- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины, профессионального модуля. Освоенные на практических и лабораторных занятиях умения в совокупности с усвоенными знаниями и полученным практическим опытом при прохождении учебной и производственной практики формируют профессиональные компетенции;

- совершенствование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;

- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как творческая инициатива, самостоятельность, ответственность, способность работать в команде и брать на себя ответственность за работу всех членов команды, способность к саморазвитию и самореализации, которые соответствуют общим компетенциям, перечисленным в ФГОС СПО.

Предусмотрено проведение 6 практических работ для очной формы обучения.

Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения практических работ – в совокупности практические работы по учебной дисциплине «Физическая и коллоидная химия» охватывают весь круг умений и знаний, перечисленных в рабочей программе УД «Физическая и коллоидная химия» и во ФГОС СПО по специальности 18.02.09 Переработка нефти и газа.

Выполнение практических работ направлено на формирование общих компетенций и профессиональных компетенций:

Таблица 1 – Показатели оценки сформированности общих ОК

Название ОК	Результат, который Вы должны получить после изучения содержания дисциплины
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
ОК 3.	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
ОК 4.	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК 5.	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 6.	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
ОК 7.	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.
ОК 8.	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК 9.	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Таблица 2 – Показатели оценки сформированности профессиональных ПК

Название ПК	Результат, который Вы должны получить после изучения содержания дисциплины
ПК 1.1.	Контролировать эффективность работы оборудования.
ПК 1.2.	Обеспечивать безопасную эксплуатацию оборудования и коммуникаций при ведении технологического процесса.
ПК 1.3.	Подготавливать оборудование к проведению ремонтных работ различного характера.
ПК 2.1.	Контролировать и регулировать технологический режим с использованием средств автоматизации и результатов анализов.
ПК 2.2.	Контролировать качество сырья, получаемых продуктов.
ПК 2.3.	Контролировать расход сырья, продукции, реагентов, катализаторов, топливно-энергетических ресурсов.
ПК 3.1.	Анализировать причины отказа, повреждения технических устройств и принимать меры по их устранению.
ПК 3.2.	Анализировать причины отклонения от режима технологического процесса и принимать меры по их устранению.
ПК 3.3.	Разрабатывать меры по предупреждению инцидентов на технологическом блоке.
ПК 4.1.	Организовывать работу коллектива и поддерживать профессиональные отношения со смежными подразделениями.
ПК 4.2.	Обеспечивать выполнение производственного задания по объему производства и качеству продукта.
ПК 4.3.	Обеспечивать соблюдение правил охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим работам у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся,

необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий можно узнать у преподавателя или посмотреть на двери его кабинета.

Желаем Вам успехов!!!

1. Порядок выполнения практических работ

1. Студент должен прийти на практическое занятие подготовленным по данной теме.
2. После выполнения работы студент представляет письменный отчет.
3. Отчет о проделанной работе следует выполнять в тетради для практических работ в клетку.
4. Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с порядком ее выполнения.
5. Выполнить и сдать работу.

2. Требования к оформлению отчетов

1. Указываются номер и название работы.
2. Указывается цель работы.
3. Указывается номер задания.
4. При решении задач краткая запись условия отделяется от решения и в конце решения ставится ответ. Решения задач должны сопровождаться краткими, но достаточно обоснованными пояснениями, записываются используемые формулы.

Для числовых значений рассчитываемых величин достаточно 3-4 значащие цифры (число знаков, стоящих после предшествующих им нулей). Число значащих цифр не следует путать с числом знаков после запятой. Так в числах: 101,3; 21,73; 0,4385; 0,004500 имеется четыре значащих цифры. В расчетах

принято указывать значащие цифры и в том случае, когда это нули, стоящие в конце числа. Поэтому правильной будет запись с точностью до четвертой значащей цифры - 0,2500, а не 0,25.

3. Критерии оценки практических работ

Таблица 1 – Критерий оценок практических работ

Оценка	Критерии
«Отлично»	1. Выполнена работа без ошибок и недочетов; 2. Допущено не более одного недочета.
«Хорошо»	1. Допущено не более одной негрубой ошибки и одного недочета; 2. Допущено не более двух недочетов.
«Удовлетворительно»	1. Допущено не более двух грубых ошибок; 2. Допущены не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; 3. Допущено не более двух-трех негрубых ошибок; 4. Допущены одна негрубая ошибка и три недочета; 5. При отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
«Неудовлетворительно»	1. Допущено число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка "3"; 2. Если правильно выполнил менее половины работы.

По результатам выполнения практических работ студент допускается к экзамену.

РАЗДЕЛ «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Тема «Молекулярно-кинетическая теория агрегатных состояний вещества»

Практическая работа № 1

Расчет параметров газа и газовых смесей

Цель: используя газовые законы, произвести расчеты параметров газов и газовых смесей.

Краткое теоретическое обоснование

Молекулы всех газов при одной и той же температуре обладают одинаковой средней кинетической энергией. Причем давление газа при данной температуре зависит только от числа молекул в единице объема газа. В основе объяснений физических свойств газов и законов газового состояния лежит кинетическая теория. Большинство законов газового состояния было выведено для идеального газа. **Идеальным** называют газ, в котором молекулы рассматриваются как материальные точки, обладающие массой, но не имеющие объема, между которыми отсутствуют силы взаимодействия.

Закон Бойля — Мариотта

Объем данной массы газа и его давление находятся в обратно пропорциональной зависимости.

Эта зависимость, между давлением и объемом газа при постоянной температуре, выражается формулой:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}, \quad (1)$$

где V_1, V_2 – объем газа до его изменения, м^3 ;

P_1, P_2 – абсолютное давление газа после изменения, Па.

Из формулы (1) можно получить следующие математические выражения:

$$V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2, \quad (2)$$

или

$$V \cdot P = const \quad (3)$$

Из последней формулы следует, что произведение давления данной массы газа на его объем постоянно, если температура газа не меняется.

Чем больше при постоянной температуре увеличивается объем газа, тем меньше становится его плотность. Зависимость между объёмом газа и его плотностью при постоянной температуре выражается формулой:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}, \quad (4)$$

где V_1 и V_2 – объемы, занимаемые газом, м^3 ;

ρ_1 и ρ_2 – плотности газа, соответствующие этим объемам.

Если в формуле (1) заменим отношение объемов газа отношением их плотностей, то на основании формулы (4) можно получить равенства:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \text{ или } \rho_2 = (P_2 \cdot \rho_1) \cdot P_1 \quad (5)$$

Закон Гей-Люссака

При постоянном давлении относительное изменение объема данной массы газа прямо пропорционально изменению температуры.

Математически эта зависимость записывается следующим образом:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}, \quad (6)$$

где V – объем газа, м^3 ;

T – абсолютная температура, К.

Закон Шарля

Давление данной массы газа при постоянном объеме прямо пропорционально абсолютной температуре. Закон выражается следующей формулой:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}, \quad (7)$$

где P_1 и P_2 – абсолютные давления, Па;

T_1 и T_2 – абсолютные температуры газа, К.

В Международной системе единиц производной является величина, в 1000 раз большая моля, она называется *киломоля* и обозначается *кмоль* 1 кмоль любого газа при нормальных условиях (0°C и 101,3 кПа) занимает объем 22,4 м³. Зная эту величину, можно определить плотность любого газа по формуле:

$$\rho = \frac{M}{22,4}, \text{ кг/м}^3 \quad (8)$$

где M — масса 1 кмоль газа, кг.

Уравнение Клапейрона — Менделеева

При одновременном изменении объема, давления и температуры газа справедливы законы и Бойля — Мариотта и Гей-Люссака.

Объединив уравнения законов Бойля — Мариотта и Гей-Люссака в одно общее математическое уравнение идеального газа, получим уравнение Клапейрона—Менделеева:

$$\frac{\rho_1 V_1}{T_1} = \frac{\rho_2 V_2}{T_2} \text{ или } \frac{\rho V}{T} = \text{const} \quad (9)$$

Величина $\frac{\rho V}{T}$ обозначается буквой “R” называется газовой постоянной.

Подставляя обозначение газовой постоянной в формулу (9), получаем выражение:

$$\frac{\rho V}{T} = R \text{ или } \rho V = RT \quad (10)$$

В уравнении Клапейрона – Менделеева необходимо знать физический смысл и размерность универсальной газовой постоянной в системе «СИ». При нормальных условиях, т.е. при температуре 273 К и давлении 101 325 н/м², объем одного киломоля газа равен 22,4 м³.

Из уравнения Клапейрона – Менделеева определим:

$$R = \frac{P_0 V_0}{n T_0} = \frac{101325 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 22,4 \text{ м}^3}{1 \text{ кмоль} \cdot 273 \text{ К}} = 8,314 \cdot \frac{10^3 \text{ Дж}}{\text{кмоль}} \cdot \text{К}$$

где $P_0 = 101325 \text{ Н/м}^2$ и $T_0 = 273 \text{ К}$ характеризуют нормальные условия газа,

$V_0 = 22,4 \text{ м}^3$ - объем одного кмоль любого газа при нормальных условиях.

В зависимости от того, в каких единицах ведется расчет с участием R , значение универсальной газовой постоянной может быть:

$$R = 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К},$$

$$R = 8,314 \cdot 10^3 \text{ Дж/кмоль} \cdot \text{К},$$

$$R = 8,314 \cdot 10^{-3} \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}.$$

Порядок выполнения работы

Выполнить задания

Решить задачи:

Задача 1

При температуре $T_1(\text{К})$ и давлении $P (\text{Н/м}^2)$ объем $m (\text{кг})$ газа равен $V (\text{м}^3)$. Вычислить кг-молекулярную массу газа, его плотность при $T_2 (\text{К})$ и относительную плотность по воздуху при нормальных условиях. Плотность воздуха при н.у. равна $1,293 \text{ кг/м}^3$.

Исходные данные приведены в таблице 1

Таблица 1

Вариант	$V(\text{м}^3)$	$m(\text{кг})$	$P(\text{Н/м}^2)$	$T_1(\text{К})$	$T_2(\text{К})$
1	$2 \cdot 10^{-4}$	$0,232 \cdot 10^{-3}$	$101,3 \cdot 10^3$	290	342
2	$6,24 \cdot 10^{-4}$	$0,78 \cdot 10^{-3}$	$104,0 \cdot 10^3$	296	317
3	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$0,412 \cdot 10^{-3}$	$96,6 \cdot 10^3$	350	293
4	$6,4 \cdot 10^{-4}$	$0,865 \cdot 10^{-3}$	$98,74 \cdot 10^3$	312	290
5	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$0,367 \cdot 10^{-3}$	$106,2 \cdot 10^3$	314	300
6	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$0,4208 \cdot 10^{-3}$	$102,4 \cdot 10^3$	295	342
7	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$0,189 \cdot 10^{-3}$	$95,6 \cdot 10^3$	273	300

8	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$0,663 \cdot 10^{-3}$	$98,5 \cdot 10^3$	300	273
9	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$0,743 \cdot 10^{-3}$	$104,2 \cdot 10^3$	340	273
10	$3,15 \cdot 10^{-4}$	$0,568 \cdot 10^{-3}$	$101,5 \cdot 10^3$	298	320
11	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$0,213 \cdot 10^{-3}$	$102,3 \cdot 10^3$	292	341
12	$5,24 \cdot 10^{-4}$	$0,75 \cdot 10^{-3}$	$103,0 \cdot 10^3$	291	314
13	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$0,410 \cdot 10^{-3}$	$95,6 \cdot 10^3$	352	292
14	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$0,861 \cdot 10^{-3}$	$96,74 \cdot 10^3$	310	296
15	$4,22 \cdot 10^{-4}$	$0,365 \cdot 10^{-3}$	$108,2 \cdot 10^3$	312	301
16	$3,12 \cdot 10^{-4}$	$0,4218 \cdot 10^{-3}$	$101,4 \cdot 10^3$	292	344
17	$2,18 \cdot 10^{-4}$	$0,199 \cdot 10^{-3}$	$95,2 \cdot 10^3$	272	306
18	$4,62 \cdot 10^{-4}$	$0,673 \cdot 10^{-3}$	$98,7 \cdot 10^3$	301	271
19	$6,13 \cdot 10^{-4}$	$0,723 \cdot 10^{-3}$	$105,2 \cdot 10^3$	342	277
20	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$0,558 \cdot 10^{-3}$	$106,5 \cdot 10^3$	294	325
21	$3,14 \cdot 10^{-4}$	$0,4308 \cdot 10^{-3}$	$105,4 \cdot 10^3$	315	341
22	$2,12 \cdot 10^{-4}$	$0,179 \cdot 10^{-3}$	$95,9 \cdot 10^3$	297	307
23	$4,42 \cdot 10^{-4}$	$0,653 \cdot 10^{-3}$	$99,7 \cdot 10^3$	275	279
24	$6,08 \cdot 10^{-4}$	$0,703 \cdot 10^{-3}$	$102,6 \cdot 10^3$	303	273
25	$3,14 \cdot 10^{-4}$	$0,555 \cdot 10^{-3}$	$104,8 \cdot 10^3$	348	322

Алгоритм решения:

1) Из уравнения Клапейрона- Менделеева находим:

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{P \cdot V} = \frac{4,55 \cdot 10^{-4} \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 300}{106600 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4}} = 28(\text{кг})$$

2) При н.у. плотность газа

$$\rho = \frac{M}{22,4} = \frac{28}{22,4} = 1,25(\text{кг} / \text{м}^3)$$

3) По следствиям из закона Шарля и Гей-Люссака определим плотность газа при температуре 323 К.

$$\rho_T = \frac{\rho_0 \cdot T_0}{T} = \frac{1,25 \cdot 273}{323} = 1,057(\text{кг} / \text{м}^3)$$

4) Относительная плотность газа по воздуху равна отношению плотности газа к плотности воздуха при нормальных условиях

$$D = \frac{\rho_0 \text{ газа}}{\rho_0 \text{ воздуха}} = \frac{1,25}{1,293} = 0,96 \text{ кг/м}^3$$

5) Ответ: D= 0,96 кг/м³.

Задача 2

Газ при нормальных условиях занимает объем V (м^3). Определить, как изменится его объем, если этот газ нагреть до t ($^{\circ}\text{C}$), не изменяя давления.

Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вариант	$V(\text{м}^3)$	$t (^{\circ}\text{C})$
1	0,45	100
2	0,30	150
3	0,280	250
4	0,850	300
5	0,02	50
6	0,45	110
7	0,30	150
8	0,280	240
9	0,850	310
10	0,02	60
11	0,41	70
12	0,36	115
13	0,282	145
14	0,851	250
15	0,19	320
16	0,49	80
17	0,32	235
18	0,284	305
19	0,856	80
20	0,03	90
21	0,43	125
22	0,37	140
23	0,284	255
24	0,856	325
25	0,03	80

Задача 3

При нормальных условиях газ занимает объем V (м^3). Какой объем займет это же количество газа при температуре t ($^{\circ}\text{C}$) и давлении P (н/м^2)?

Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

Вариант	$V(m^3)$	$P(H/m^2)$	$t(^{\circ}C)$
1	10,5	84520	250
2	8,7	98400	320
3	5,2	104200	120
4	7,8	97520	480
5	2,75	103400	80
6	11,5	84530	260
7	8,9	98300	310
8	5,7	102200	110
9	7,9	97120	470
10	2,77	102400	90
11	10,3	83520	240
12	8,2	97400	300
13	5,1	105200	100
14	6,8	98520	420
15	2,65	101400	280
16	10,1	74530	160
17	7,7	98280	330
18	6,7	106200	190
19	7,2	97220	450
20	2,57	102350	190
21	6,6	97350	170
22	2,35	105160	340
23	9,1	98525	150
24	7,1	101350	440
25	6,71	74430	130

Задача 4

Смесь газов А, В и С занимает объем $V (m^3)$ при температуре $T (K)$. Вычислить парциальные давления и объемы газов и общее давление газовой смеси.

Исходные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4

Вариант	А	В	С	$m_A(кг)$	$m_B(кг)$	$m_C(кг)$	$T(K)$	$V(m^3)$
1	N_2	O_2	H_2	4	2	3	290	2
2	N_2	CO	CO_2	7	8	9	310	4

3	CO ₂	CO	O ₂	5	3	1	340	4
4	N ₂	NH ₃	H ₂	2	10	1	320	5
5	H ₂	CH ₄	-	5	4	-	300	3
6	H ₂	N ₂	NH ₃	3	2	4	290	4
7	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	2	4	6	273	10
8	C ₂ H ₂	CO ₂	-	3	5	-	310	3
9	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	4	3	5	320	8
10	CO	CO ₂	O ₂	3	8	2	313	7
11	N ₂	O ₂	H ₂	5	2	3	280	3
12	N ₂	CO	CH ₄	6	9	5	320	5
13	CO ₂	CO	O ₂	3	4	6	330	4
14	N ₂	NH ₃	H ₂	2	10	2	310	6
15	H ₂	CH ₄	NH ₃	6	5	3	305	3
16	NH ₃	N ₂	-	4	2	-	280	4
17	C ₂ H ₆	CO	C ₂ H ₄	3	7	4	273	9
18	C ₂ H ₂	CO ₂	-	2	5	-	315	3
19	C ₂ H ₄	O ₂	C ₂ H ₂	8	3	2	325	7
20	CO	CO ₂	O ₂	7	6	3	315	8
21	H ₂	CO	C ₂ H ₄	9	2	5	322	10
22	C ₂ H ₆	NH ₃	-	2	5	-	327	2
23	C ₂ H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	3	8	4	304	5
24	C ₂ H ₄	N ₂	O ₂	2	6	2	312	6
25	CO	C ₂ H ₆	H ₂	7	4	1	283	4

Тема «Основы химической термодинамики»

Практическая работа № 2

Определение параметров состояния системы

Цель: научиться определять параметры состояния данной системы в основных термодинамических процессах.

Теоретическая часть

Первый закон термодинамики есть закон сохранения энергии в применении его к термодинамическим процессам. Можно дать несколько, по существу равноценных, формулировок этого закона:

- общая энергия изолированной системы остается постоянной независимо от каких бы то ни было изменений, происходящих в этой системе;
- изменение внутренней энергии системы (ΔU) равно разности между количеством сообщенной системе теплоты Q и количеством работы A , совершенной системой.

Математическое выражение первого закона термодинамики будет иметь вид:

$$\Delta U = Q - A. \quad (1)$$

Все величины в уравнении должны быть выражены в одинаковых единицах измерения; Q считается **положительной**, если **теплота поглощается системой**, и **отрицательной**, если **теплота выделяется**.

Из первого закона термодинамики вытекает ряд следствий, имеющих большое значение для физической химии и решения различных технологических задач. Рассмотрим применение первого закона термодинамики для идеальных газов в важнейших термодинамических процессах: изохорическом, изобарическом, изотермическом и адиабатическом.

Изохорический процесс

Изохорический процесс протекает при постоянном объеме, поэтому система никакой работы не совершает. В этом случае вся теплота расходуется на увеличение внутренней энергии системы. Если $V = \text{const}$, то $A = 0$, $Q = \Delta U$.

При изохорическом процессе количество теплоты, получаемое системой, можно вычислить по уравнениям:

$$Q_v = n C_v (T_2 - T_1), \quad (2)$$

$$Q_v = \frac{n C_v T_1}{P_1} (P_2 - P_1), \quad (3)$$

где n – количество молей вещества, моль;

P_1, P_2 – начальное и конечное давление системы, Н/м²;

C_v – мольная теплоемкость при постоянном объеме, Дж/моль·К;

T_1, T_2 – начальная температура, и конечная температура, К.

Изобарический процесс

Если теплота поглощается системой при постоянном давлении, то в системе соответственно увеличивается энтальпия. Если $P = \text{const}$, то $\Delta U = Q - A$, но $\Delta U + A = \Delta H$.

$$Q = \Delta H. \quad (4)$$

Количество теплоты, получаемое системой в этих условиях, может быть вычислено по уравнениям:

$$Q = n C_p (T_2 - T_1), \quad (5)$$

$$Q = \frac{n C_p T_1}{V_1} (V_2 - V_1), \quad (6)$$

где C_p – мольная теплоемкость при постоянном давлении, Дж/моль·К;

V_1, V_2 – начальный и конечный объем системы, м³.

Работа при изобарическом процессе выражается уравнением:

$$A = P (V_2 - V_1). \quad (7)$$

Изотермический процесс

Если совершается изотермический процесс, то внутренняя энергия системы при этом не меняется. Вся сообщаемая теплота расходуется на работу по расширению системы.

Если $T = \text{const}$, то $\Delta U = 0$, тогда $Q = A$.

Работа изотермического расширения системы может быть вычислена по уравнениям:

$$A = n RT \cdot 2,3 \lg \frac{V_2}{V_1}, \quad (8)$$

$$A = n RT \cdot 2,3 \lg \frac{P_1}{P_2}. \quad (9)$$

Адиабатический процесс

При адиабатическом процессе теплообмен между данной системой и окружающей средой отсутствует, поэтому $Q = 0$. При этом система может совершать работу только за счет убыли внутренней энергии: $A = - \Delta U$. Работа в этом случае может быть вычислена по одному из следующих уравнений:

$$A = n C_v (T_1 - T_2), \quad (10)$$

$$A = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{\gamma - 1}, \quad (11)$$

$$A = \frac{nR}{\gamma - 1} (T_1 - T_2), \quad (12)$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$.

Связь между давлением, объемом и температурой в начале и конце адиабатического процесса выражается уравнениями:

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma, \quad (13)$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1},$$

(14)

$$T_1^\gamma P_1^{1-\gamma} = T_2^\gamma P_2^{1-\gamma}.$$

(15)

Для одноатомных газов

$$C_v = \frac{3}{2} R, \text{ а } C_p = \frac{5}{2} R, \quad (16)$$

следовательно, $\frac{C_p}{C_v} = \gamma; \quad \gamma = 1,67. \quad (17)$

Для двухатомных газов

$$C_v = \frac{5}{2} R, \quad \text{а} \quad C_p = \frac{7}{2} R, \quad (18)$$

отсюда,

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma = 1,40. \quad (19)$$

Порядок выполнения работы

Выполнить задания

Решить задачи:

Задача 1

Одноатомный газ в количестве V_l (условия нормальные) нагревают до $t^0\text{C}$ при постоянном объеме. Найти конечное давление и количество затраченной теплоты.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вариант	Объем V, л	Температура t^0 , С
1	5	600
2	4	566
3	6	602
4	8	589
5	7	592
6	3	574
7	9	598
8	4	601
9	5	579
10	6	591
11	4	588
12	7	582
13	5	578
14	9	603
15	6	590
16	4	586
17	7	579
18	8	580
19	5	593
20	6	587
21	9	604
22	4	596
23	7	585
24	5	599
25	7	580

Задача 2

При адиабатическом сжатии $V \text{ м}^3$ кислорода давление газа повысилось от $P_1 \text{ н/м}^2$ до $P_2 \text{ н/м}^2$. Чему равен конечный объем?

Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вариант	Объем V, м^3	Давление $P_1, \text{н/м}^2$	Давление $P_2, \text{н/м}^2$
1	0,002	$1,013 \cdot 10^5$	$2,026 \cdot 10^5$
2	0,003	$1,003 \cdot 10^5$	$2,014 \cdot 10^5$

3	0,012	$1,012 \cdot 10^5$	$2,028 \cdot 10^5$
4	0,009	$1,106 \cdot 10^5$	$2,206 \cdot 10^5$
5	0,015	$1,018 \cdot 10^5$	$2,015 \cdot 10^5$
6	0,02	$1,004 \cdot 10^5$	$2,022 \cdot 10^5$
7	0,008	$1,111 \cdot 10^5$	$2,034 \cdot 10^5$
8	0,004	$1,028 \cdot 10^5$	$2,166 \cdot 10^5$
9	0,05	$1,104 \cdot 10^5$	$2,115 \cdot 10^5$
10	0,02	$1,017 \cdot 10^5$	$2,126 \cdot 10^5$
11	0,005	$1,112 \cdot 10^5$	$2,018 \cdot 10^5$
12	0,011	$1,023 \cdot 10^5$	$2,021 \cdot 10^5$
13	0,06	$1,004 \cdot 10^5$	$2,018 \cdot 10^5$
14	0,009	$1,133 \cdot 10^5$	$2,004 \cdot 10^5$
15	0,08	$1,113 \cdot 10^5$	$2,125 \cdot 10^5$
16	0,014	$1,012 \cdot 10^5$	$2,019 \cdot 10^5$
17	0,07	$1,002 \cdot 10^5$	$2,016 \cdot 10^5$
18	0,006	$1,014 \cdot 10^5$	$2,024 \cdot 10^5$
19	0,013	$1,115 \cdot 10^5$	$2,117 \cdot 10^5$
20	0,07	$1,019 \cdot 10^5$	$2,039 \cdot 10^5$
21	0,002	$1,114 \cdot 10^5$	$2,121 \cdot 10^5$
22	0,09	$1,015 \cdot 10^5$	$2,106 \cdot 10^5$
23	0,007	$1,115 \cdot 10^5$	$2,128 \cdot 10^5$
24	0,04	$1,019 \cdot 10^5$	$2,037 \cdot 10^5$
25	0,006	$1,012 \cdot 10^5$	$2,036 \cdot 10^5$

Задача 3

Какое количество теплоты необходимо для изохорического нагревания m г газа от t_1^0 до t_2^0 C?

Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

Вариант	Масса, m г	Температура, t_1^0 C	Температура, t_2^0 C	Газ
1	10	10	20	O ₂
2	12	12	19	CO
3	18	15	21	CO
4	13	11	18	NH ₃
5	9	10	19	CH ₄
6	11	12	23	N ₂
7	16	18	27	C ₂ H ₆

8	15	17	26	CO ₂
9	19	20	31	C ₂ H ₄
10	17	18	29	CO ₂
11	8	11	19	O ₂
12	20	28	39	CO
13	10	11	21	CO
14	15	16	25	NH ₃
15	9	10	21	CH ₄
16	14	15	24	N ₂
17	18	17	26	CO
18	13	14	25	CO ₂
19	17	16	27	O ₂
20	11	14	23	CO ₂
21	16	17	28	CO
22	12	13	25	NH ₃
23	19	20	30	CH ₄
24	20	21	32	N ₂
25	17	18	29	C ₂ H ₆

Задача 4

n моль одноатомного газа, взятого при t^0 С и давлении P н/м² адиабатически расширился до V_2 м³. Найти конечное давление и температуру?

Исходные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4

Вариант	n , моль	Температура t , С	Давление P_1 , н/м ²	Объем V_2 , м ³
1	1	25	$1,013 \cdot 10^5$	0,05
2	5	30	$1,015 \cdot 10^5$	0,07
3	3	27	$1,026 \cdot 10^5$	0,09
4	2	22	$1,021 \cdot 10^5$	0,04
5	6	28	$1,029 \cdot 10^5$	0,09
6	9	30	$1,031 \cdot 10^5$	0,11
7	2	26	$1,028 \cdot 10^5$	0,06
8	4	21	$1,019 \cdot 10^5$	0,04
9	7	29	$1,022 \cdot 10^5$	0,12
10	1	23	$1,014 \cdot 10^5$	0,06
11	3	25	$1,015 \cdot 10^5$	0,08

12	8	31	$1,032 \cdot 10^5$	0,13
13	2	26	$1,024 \cdot 10^5$	0,04
14	5	28	$1,017 \cdot 10^5$	0,05
15	9	32	$1,027 \cdot 10^5$	0,09
16	4	25	$1,013 \cdot 10^5$	0,10
17	7	29	$1,016 \cdot 10^5$	0,08
18	1	26	$1,029 \cdot 10^5$	0,02
19	3	28	$1,025 \cdot 10^5$	0,05
20	6	30	$1,029 \cdot 10^5$	0,07
21	5	22	$1,018 \cdot 10^5$	0,06
22	2	27	$1,019 \cdot 10^5$	0,13
23	7	33	$1,028 \cdot 10^5$	0,11
24	8	34	$1,022 \cdot 10^5$	0,08
25	4	25	$1,016 \cdot 10^5$	0,03

Задача 5

Рассчитать работу изотермического ($t^0\text{C}$) расширения n моль газа от V_1 л до V_2 л. Исходные данные приведены в таблице 5.

Таблица 5

Вариант	Моль, n	Температура, $t^0\text{C}$	Объем V_1 , л	Объем V_2 , л
1	1	27	2,24	22,4
2	13	34	3,13	31,3
3	2	29	2,56	25,6
4	5	31	2,62	26,2
5	14	35	3,11	31,1
6	8	29	2,89	28,9
7	9	38	3,08	30,8
8	6	32	3,15	31,5
9	10	36	3,19	31,9
10	12	39	3,24	32,4
11	11	33	3,05	30,5
12	3	28	2,69	26,9
13	7	39	3,16	31,6
14	12	42	3,21	32,1
15	4	30	2,98	29,8
16	9	41	3,22	32,2
17	11	44	3,29	32,9
18	7	37	2,97	29,7
19	16	45	3,03	30,3

20	12	43	3,12	31,2
21	3	29	2,26	22,6
22	6	33	2,99	29,9
23	13	44	3,21	32,1
24	4	38	3,02	30,2

Практическая работа № 3

Расчет тепловых эффектов реакций по термохимическим уравнениям

Цель: научиться определять тепловые эффекты реакции по термохимическим уравнениям, используя следствия из закона Гесса.

Теоретическая часть

Термохимия

Тепловым эффектом реакции называют теплоту, выделенную или поглощенную в ходе химической реакции, протекающей необратимо при постоянном давлении или постоянном объеме, причем температура исходных веществ (исх.) и продуктов реакции (прод.) одна и та же. В термодинамике **положительной** считают ту теплоту, которую подводят к системе (эта теплота поглощается системой), а **отрицательной** – ту, которую система выделяет. В термохимии приняты обратные обозначения.

Тепловой эффект химической реакции относят обычно к 1 моль образовавшегося вещества (обр.). С этой целью нередко в термохимических уравнениях коэффициенты следует брать дробными.

Из первого закона термодинамики следует, что:

$$q_v = \Delta U,$$

$$q_p = \Delta H.$$

Таким образом тепловой эффект химической реакции при постоянном объеме представляет собой изменение внутренней энергии ΔU системы, а при постоянном давлении – изменение энтальпии ΔH . Разница между ΔU и ΔH мала, если реакция идет между жидкими или твердыми веществами. В случае

реакций с участием газообразных веществ это различие заметно. Если в реакции участвует n_1 моль, а получается n_2 моль газообразных веществ, то

$$\Delta H = \Delta U + RT (n_2 - n_1), \quad (1)$$

где ΔU - изменение внутренней энергии;

R - газовая постоянная, $\frac{Дж}{моль \cdot К}$;

T – температура, К;

n_1, n_2 – количество газообразных веществ, моль.

Энтальпия и теплота связаны между собой разницей:

$$\Delta H_{298}^0 = -Q_p^{обр}. \quad (2)$$

В термохимии чаще всего имеют дело ΔH .

Основным законом термохимии является закон Гесса (1840 г.) – частный случай первого закона термодинамики: если процесс идет при постоянном давлении и при постоянном объеме, то тепловой эффект химической реакции зависит только от начального и конечного состояния реагирующих веществ и не зависит от пути, по которому реакция протекает.

Из закона Гесса вытекают следствия:

1. Тепловой эффект химической реакции равен разности между суммой теплот образования получающихся веществ и суммой теплот образования вступающих в реакцию веществ (с учетом их стехиометрических коэффициентов).

$$\Delta H_{реакц} = \Sigma(\Delta H_{обр})_{прод} - \Sigma(\Delta H_{обр})_{исх} \quad (3)$$

2. Тепловой эффект химической реакции равен разности между суммой теплот сгорания (сгор.) исходных веществ и суммой теплот сгорания продуктов реакции (с учетом их стехиометрических коэффициентов).

$$\Delta H_{реакц} = \Sigma(\Delta H_{сгор})_{исх} - \Sigma(\Delta H_{сгор})_{прод} \quad (4)$$

Величины стандартных теплот образования и теплот сгорания находят в справочниках. Значение закона Гесса состоит в том, что он позволяет

определить тепловые эффекты таких реакций, которые или нереализуемы, или не могут быть проведены чисто, т.е. без побочных процессов.

Порядок выполнения работы

Выполните задания

Решите задачи:

Задача 1

По значениям энтальпий образования веществ при стандартных условиях (см. приложение А), вычислить тепловой эффект реакции при 298 К. В уравнениях реакций расставьте коэффициенты.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вариант	Реакция
1	$\text{HCl (г)} + \text{O}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O(ж)} + \text{Cl}_2(\text{г})$
2	$\text{N}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O(ж)} = \text{NH}_3(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$
3	$\text{NO(г)} + \text{H}_2\text{O(ж)} = \text{NH}_3(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$
4	$\text{CO(г)} + \text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O(ж)}$
5	$\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O(ж)}$
6	$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{кр}) + \text{SO}_2(\text{г}) = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{кр})$
7	$\text{CH}_4(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O(ж)}$
8	$\text{C(гр)} + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г})$
9	$\text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O(ж)}$
10	$\text{CH}_3\text{OH(ж)} + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O(ж)}$
11	$\text{C(гр)} + \text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г})$
12	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}$
13	$\text{H}_2\text{O(ж)} \rightarrow \text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$
14	$\text{I}_2(\text{к}) + \text{H}_2(\text{г}) = \text{HI(г)}$
15	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{г}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$
16	$\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al(т)} + \text{O}_2(\text{г})$
17	$\text{NH}_3(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{NO(г)} + \text{H}_2\text{O(ж)}$
18	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) = \text{C}_6\text{H}_6(\text{г})$
19	$\text{CH}_4(\text{г}) = \text{C(гр)} + \text{H}_2(\text{г})$
20	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O(г)}$
21	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{ж}) + \text{HNO}_3(\text{ж}) = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2(\text{ж}) + \text{H}_2\text{O(ж)}$
22	$\text{CO(г)} + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г})$
23	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
24	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O(г)}$

25	$\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
----	---

Задача 2

По значениям энтальпий сгорания веществ при стандартных условиях (см. приложение А) вычислить тепловой эффект реакции при 298 К. В уравнениях реакций расставьте коэффициенты.

Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вариант	Реакция
1	$\text{CH}_3\text{OH (ж)} + \text{O}_2 \text{ (г)} = \text{CO}_2 \text{ (г)} + \text{H}_2\text{O (ж)}$
2	$\text{H}_2\text{O(ж)} \rightarrow \text{H}_2 \text{ (г)} + \text{O}_2 \text{ (г)}$
3	$\text{C}_2\text{H}_4 \text{ (г)} + \text{O}_2 \text{ (г)} = \text{CO}_2 \text{ (г)} + \text{H}_2\text{O (г)}$
4	$\text{C}_2\text{H}_6 \text{ (г)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \text{ (г)} + \text{H}_2 \text{ (г)}$
5	$\text{CO(г)} + \text{H}_2\text{(г)} = \text{CH}_4\text{(г)} + \text{H}_2\text{O(ж)}$
6	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}$
7	$\text{CH}_4 \text{ (г)} = \text{C(гр)} + \text{H}_2 \text{ (г)}$
8	$\text{CO (г)} + \text{O}_2 \text{ (г)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{ (г)}$
9	$\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al (т)} + \text{O}_2\text{(г)}$
10	$\text{CH}_4\text{(г)} + \text{O}_2 \text{ (г)} = \text{CO}_2\text{(г)} + \text{H}_2\text{O (ж)}$
11	$\text{C}_6\text{H}_6 \text{ (ж)} + \text{HNO}_3 \text{ (ж)} = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 \text{ (ж)} + \text{H}_2\text{O (ж)}$
12	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
13	$\text{C}_2\text{H}_2 \text{ (г)} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \text{ (г)} + \text{H}_2\text{O (г)}$
14	$\text{NH}_3 \text{ (г)} + \text{O}_2 \text{ (г)} = \text{NO (г)} + \text{H}_2\text{O (ж)}$
15	$\text{HCl (г)} + \text{O}_2\text{(г)} = \text{H}_2\text{O(ж)} + \text{Cl}_2\text{(г)}$
16	$\text{C}_2\text{H}_2 \text{ (г)} = \text{C}_6\text{H}_6 \text{ (г)}$
17	$\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
18	$\text{NO(г)} + \text{H}_2\text{O(ж)} = \text{NH}_3\text{(г)} + \text{O}_2\text{(г)}$
19	$\text{H}_2 \text{ (г)} + \text{O}_2\text{(г)} = \text{H}_2\text{O (ж)}$
20	$\text{I}_2 \text{ (к)} + \text{H}_2 \text{ (г)} = \text{HI (г)}$
21	$\text{N}_2\text{(г)} + \text{H}_2\text{O(ж)} = \text{NH}_3\text{(г)} + \text{O}_2\text{(г)}$
22	$\text{C (гр)} + \text{H}_2\text{(г)} = \text{CH}_4 \text{ (г)}$
23	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{(кр)} + \text{SO}_2\text{(г)} = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ (кр)}$
24	$\text{C(гр)} + \text{O}_2 \text{ (г)} = \text{CO}_2 \text{ (г)}$
25	$\text{CO}_2\text{(г)} + \text{H}_2\text{(г)} = \text{CH}_4\text{(г)} + \text{H}_2\text{O(ж)}$

Тема «Растворы»

Практическая работа № 4

Растворы электролитов

Цель: Определить кажущуюся степень диссоциации, кажущуюся молекулярную массу, вычислить изотонический и осмотический коэффициенты.

Краткое теоретическое обоснование

Диссоциация электролитов в водных растворах

Водные растворы кислот щелочей и солей обнаруживают отклонения от законов разбавленных растворов не электролитов. Электролиты вызывают большее понижение давления насыщенного пара, а также большее понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения и более высокое осмотическое давление, чем это наблюдается в растворах не электролитов такой же концентрации.

Различие, которое наблюдается у растворов электролитов и не электролитов в рассмотренных свойствах согласно теории электролитической диссоциации Аррениуса, объясняется увеличением числа частиц в результате диссоциации молекул и возрастания степени диссоциации последних с разбавлением растворов. Это теория в основном применяется к слабым электролитам.

Математические выражения законов разбавленных растворов не электролитов применим к растворам электролитов, введя множитель $i > 1$.

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{in_2}{n_1 + in_2}, \quad (1)$$

где P_0 - давление пара растворителя над чистым растворителем,

P - давление пара растворителя над раствором,

n_1 - число молей растворителя,

n_2 - число молей растворенного вещества,

i – изотонический коэффициент, который показывает, во сколько раз величины понижения давления пара, понижения температуры замерзания, повышения температуры кипения и осмотическое давления, найденные из опыта, для раствора электролита больше, чем вычисленные по его молярной концентрации:

$$i = \frac{P_{on}}{\Delta P_e} = \frac{\Delta t_{з on}}{\Delta t_{з в}} = \frac{\Delta t_{к on}}{\Delta t_{к в}} = \frac{P_{on}}{P_v} \quad (2)$$

Коэффициент i может быть определен из уравнения:

$$i = \frac{M}{M_{каж}}, \quad (3)$$

где, M – молекулярная масса электролита,

$M_{каж}$ – кажущаяся молекулярная масса, представляющая собой среднюю величину масс ионов и недиссоциированных молекул.

Коэффициент i связан со степенью электролитической диссоциации α которая показывает, какая часть молекул распалась на ионы:

$$i = 1 + \alpha(\kappa - 1), \quad (4)$$

где, κ - число ионов, на которые диссоциирует молекула электролита,

i - показывает, во сколько раз общее число частиц в растворе электролита больше числа растворенных молекул.

$$P = P_0 \frac{n_1}{n_1 + in_2}, \quad (5)$$

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{in_2}{n_1}, \quad (6)$$

где $\Delta P = P_0 - P$ - понижение давления пара растворителя,

$\frac{\Delta P}{P_0}$ - относительное понижение давления пара растворителя.

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{im_2 M_1}{M_2 m_1}, \quad (7)$$

где m_1 и m_2 - массы растворителя и растворенного вещества,

M_1 и M_2 - молекулярные массы растворителя и растворенного вещества.

$$\Delta t = K i m, \quad (8)$$

где Δt – понижение температуры замерзания раствора, равное разности температур замерзания растворителя t_0 и раствора t , $\Delta = t_0 - t$,

K – криоскопическая постоянная,

m – концентрация раствора выражаемая в молях на 1000 грамм растворителя.

$$\Delta t = \frac{K i m_2 \cdot 1000}{M_2 m_1}, \quad (9)$$

$$\Delta t = E i m, \quad (10)$$

где E - эбуллиоскопическая постоянная.

$$\Delta t = \frac{E m_2 \cdot 1000}{M_2 m_1}, \quad (11)$$

$$P_{осм} V = i n R T, \quad (12)$$

где $P_{осм}$ - осмотическое давление,

V - объем газа,

R - универсальная газовая постоянная, $\frac{Дж}{моль \cdot K}$.

$$P_{осм} = iCRT, \quad (13)$$

где С- молярная концентрация, $C = \frac{n}{V}$

Порядок выполнения работы

Выполните задания

Решите задачи:

Задача 1

Давление пара воды при $t, ^\circ\text{C}$ равно P_0 , мм. рт. ст. При растворении в m_p , г воды, m_b , г данного вещества давление пара понизилось на ΔP , мм. рт. ст.

Вычислить кажущуюся степень диссоциации данного вещества в растворе.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вариант	Давление P_0 , мм. рт. ст.	Температура $t, ^\circ\text{C}$	Масса раствора m_p , г	Масса вещества m_b , г	Понижение давления ΔP , мм. рт. ст.	Вещество
1	526	90	100	3,4	3,85	CuCl_2
2	300	78	95	5,9	5,73	KCl
3	320	69	89	6,0	4,20	NaBr
4	289	74	102	2,0	1,30	MgCl_2
5	322	85	98	8,5	6,85	CaCl_2
6	634	91	120	4,2	5,81	NaI
7	542	86	130	7,8	6,25	NH_4Cl
8	500	69	94	4,7	7,81	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
9	429	97	85	7,2	4,28	CdI_2
10	299	86	103	3,3	1,64	AlCl_3
11	536	92	101	3,2	3,86	CuSO_4
12	310	76	96	5,8	5,71	MgBr_2
13	325	68	82	6,1	4,24	NaNO_3
14	282	75	106	3,4	1,32	K_2SO_4
15	328	87	93	5,9	6,87	FeCl_3
16	654	90	126	6,0	5,85	Na_2CO_3
17	512	83	132	2,0	6,21	ZnCl_2

18	600	62	95	8,5	7,86	K ₂ S
19	430	95	81	7,1	4,30	Na ₂ SO ₄
20	282	89	109	3,5	1,69	Cu(NO ₃) ₂
21	546	63	138	3,1	3,82	MnSO ₄
22	318	95	126	5,8	5,61	CrCl ₃
23	321	82	93	6,4	4,34	CaI ₂
34	287	93	87	2,3	1,42	BaCl ₂
25	329	72	92	8,6	6,77	K ₂ CO ₃

Последовательность решения задачи:

- 1) Из формулы (6), определить i и подставить значение P_0 , ΔP , n_2 и n_1 .
- 2) Написать уравнение диссоциации электролита.
- 3) Степень диссоциации найти из уравнения (4), имея ввиду, что число ионов, на которые диссоциирует электролит.
- 4) Записать ответ.

Задача 2

Определить температуру замерзания W , % - процентного раствора вещества, если кажущаяся степень диссоциации данного вещества в этом растворе равна α , %. Криоскопическая постоянная воды 1,86.

Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вариант	W, %	α , %	Вещество
1	1,5	84,5	NH ₄ Cl
2	2,5	72,2	Ba(NO ₃) ₂
3	1,7	91,4	AlCl ₃
4	1,2	80,7	MgBr ₂
5	2,04	90,3	CrCl ₃
6	1,15	89,1	Na ₂ CO ₃
7	2,49	69,9	K ₂ S
8	2,3	78,7	K ₂ SO ₄
9	1,2	83,5	BaCl ₂
10	1,65	82,7	K ₂ CO ₃
11	1,3	84,3	FeCl ₃
12	2,7	71,2	Na ₂ SO ₄
13	1,8	92,4	CaI ₂
14	1,1	81,7	MgCl ₂

15	2,03	92,3	ZnCl ₂
16	1,17	88,1	MnSO ₄
17	2,48	67,9	NaI
18	2,4	79,7	Cu(NO ₃) ₂
19	1,7	82,5	NaBr
20	1,69	83,7	NaNO ₃
21	2,5	84,1	CuCl ₂
22	1,6	71,5	CuSO ₄
23	1,9	92,8	CdI ₂
24	2,12	81,2	KCl
25	1,19	78,4	CaCl ₂

Последовательность решения задачи:

- 1) Вычислить i из формулы (4), принимая k значение для данного вещества.
- 2) Найти Δt согласно формуле (11).
- 3) Записать ответ, при какой температуре замерзнет раствор $t_{\text{зам}} = 0 - \Delta t$.

Задача 3

Раствор, содержащий m_2 , г данного вещества в m_1 , г воды, кипит при температуре t , °C. Вычислить кажущуюся молекулярную массу и кажущуюся степень диссоциации, если эбуллиоскопическая постоянная воды равна 0,512.

Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

Вариант	m_1 , г	m_2 , г	t , °C	Вещество
1	100	2,58	100,191	CdI ₂
2	100	2,25	100,186	FeCl ₃
3	100	1,78	100,128	Na ₂ SO ₄
4	100	1,96	100,172	MnSO ₄
5	100	2,12	100,166	ZnCl ₂
6	100	2,10	100,137	K ₂ CO ₃
7	100	1,81	100,189	CaCl ₂
8	100	1,95	100,194	NaI
9	100	2,02	100,125	NaNO ₃
10	100	2,16	100,192	CrCl ₃
11	100	1,99	100,179	Cu(NO ₃) ₂
12	100	2,03	100,130	NH ₄ Cl

13	100	2,22	100,195	K_2SO_4
14	100	2,15	100,176	$BaCl_2$
15	100	1,97	100,129	KCl
16	100	1,88	100,193	$NaBr$
17	100	2,44	100,187	$MgCl_2$
18	100	2,33	100,124	$Ba(NO_3)_2$
19	100	2,19	100,190	$CuSO_4$
20	100	2,07	100,188	$AlCl_3$
21	100	2,10	100,148	Na_2CO_3
22	100	1,95	100,161	$MgBr_2$
23	100	1,86	100,176	K_2S
24	100	2,05	100,127	CaI_2
25	100	2,28	100,145	$CuCl_2$

Последовательность решения задачи:

- 1) Определить кажущуюся молекулярную массу из формулы (11).
- 2) Найти коэффициент i из формулы (3).
- 3) Вычислить кажущуюся степень диссоциации из формулы (4).
- 4) Записать ответ.

Практическая работа № 5

Расчет коллигативных свойств растворов

Цель: находить коллигативные свойства растворов (осмотического давления, давления пара разбавленных растворов, температуры кипения и замерзания).

Краткое теоретическое обоснование

Давление насыщенного пара разбавленных растворов

Давление насыщенного пара (или упругость пара) жидкости является постоянной величиной при определенной температуре. При растворении в данной жидкости другого вещества давление насыщенного пара ее понижается.

Для разбавленных растворов справедлив закон Рауля: относительное понижение давления пара растворителя над раствором равно отношению числа молей растворенного вещества к сумме числа молей растворителя и растворенного вещества, т.е. равно мольной доле растворенного вещества:

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = N_2, \quad (1)$$

или

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = N_2, \quad (2)$$

где P_0 – давление пара растворителя над чистым растворителем;

P – давление пара растворителя над раствором: $\Delta P = P_0 - P$ - понижение давления пара растворителя;

$\Delta P/P_0$ – относительное понижения давления пара растворителя;

n_2 – число молей растворенного вещества;

n_1 – число молей растворителя.

Если растворенное вещество является нелетучим или малолетучим, то давление равно давлению пара раствора.

Уравнение (1) можно представить в другом виде:

$$P = P_0 \cdot \frac{n_2}{n_1 + n_2} = P_0 N_1, \quad (3)$$

т.е. давление пара растворителя над раствором равно произведению давления над чистым растворителем на мольную долю растворителя. Для очень разбавленных растворов n_2 по сравнению с n_1 незначительная величина, и ею в знаменателе можно пренебречь, тогда уравнение (2) будет иметь вид:

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (4)$$

Подставив в уравнение (3) вместо n_2 и n_1 их значения, соответственно равные m_2/M_2 и m_1/M_1 , где m_2 и m_1 – массы растворенного вещества и растворителя, а M_2 и M_1 – их молекулярные массы, получим:

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{m_2 M_1}{M_2 m_1}. \quad (5)$$

В эту формулу входит M_2 – молекулярная масса растворенного вещества. Следовательно, она может быть определена по понижению давления пара растворителя над раствором. Для более точных расчетов молекулярной массы применяется уравнение (1).

Температура замерзания разбавленных растворов

Жидкость замерзает при той температуре, при которой давление насыщенного пара над ней такое же, как над кристаллами этого вещества. Так как давление насыщенного пара растворителя над раствором всегда меньше, чем над чистым растворителем, то разбавленный раствор будет замерзать при более низкой температуре, чем растворитель. Для таких растворов Рауль нашел, что понижение температуры замерзания раствора пропорционально его молекулярной концентрации:

$$\Delta t = K m, \quad (6)$$

где Δt понижение температуры замерзания раствора, равное разности температур замерзания растворителя (t_0) и раствора (t), $\Delta t = t_0 - t$;

m – концентрация раствора, обычно выражаемая в молях растворенного вещества на 1000 г растворителя;

K – константа, называемая молярным понижением точки замерзания растворителя или криоскопической постоянной. Она численно равна понижению температуры замерзания раствора, содержащего 1 моль растворенного вещества на 1000 г растворенного вещества растворителя, если свойство разбавленного раствора сохраняется до этой концентрации. Величина K зависит от природы растворителя, от единиц концентрации и не зависит от природы растворенного вещества. Если его молекулы не диссоциируют и не ассоциируют.

Так как навески растворенного вещества m_2 и растворителя m_1 выражаются в граммах, то

$$m = \frac{m_2 \cdot 1000}{M_2 m_1},$$

где M_2 – масса растворенного вещества.

Подставив это выражение в формулу 6, получим:

$$\Delta t = \frac{K m_2 \cdot 1000}{M_2 m_1}. \quad (7)$$

Это уравнение применяется для вычисления Δt . Если же понижение температуры замерзания определено на опыте, то соотношение (7) может быть использовано для вычисления молекулярной массы растворенного вещества (криоскопический метод).

При помощи этого уравнения экспериментально находится криоскопическая постоянная. В этом случае определяют Δt для нескольких растворов различной концентрации и из вычисленных значений K берется средняя величина. Криоскопическая постоянная теоретически может быть вычислена из физических свойств растворителя с помощью формулы:

$$K = \frac{RT_0^2}{1000I_{пл}}, \quad (8)$$

где R – газовая постоянная, равная 8,314 Дж/моль·град;

T_0 – температура замерзания растворителя, $^{\circ}\text{K}$;

$I_{пл}$ – удельная теплота плавления растворителя, Дж/г.

Температура кипения разбавленных растворов

Жидкость закипает при температуре, при которой давление насыщенного пара жидкости становится равным атмосферному давлению. Так как давление насыщенного пара растворов нелетучих или малолетучих веществ меньше давления насыщенного пара растворителя, то эти растворы кипят при более высокой температуре, чем растворитель. Для разбавленных растворов таких веществ Рауль установил, что повышение температуры кипения раствора пропорционально его моляльной концентрации.

Законы понижения температуры замерзания разбавленных растворов и повышения температуры их кипения, как видно из вышеизложенного, совершенно подобны. Поэтому и формулы для повышения температуры кипения (8-10) будут аналогичны формулам (6-8):

$$\Delta t = Em, \quad (9)$$

$$\Delta t = \frac{Em_2 \cdot 1000}{M_2 m_1}, \quad (10)$$

$$E = \frac{RT_0^2}{1000l_{исп}}, \quad (11)$$

где Δt повышение температуры кипения раствора, равное разности температур кипения раствора (t) и растворителя (t_0); $\Delta t = t - t_0$;

E – молекулярное повышение точки кипения растворителя, или эбуллиоскопическая постоянная;

T_0 – температура кипения растворителя по абсолютной шкале;

$l_{исп}$ – удельная теплота испарения, Дж/г;

Значение остальных членов те же, что и в формулах (6-8).

Эбуллиоскопическая постоянная зависит от природы растворителя и не зависит от природы растворенного вещества. Она численно равна повышению температуры кипения раствора одного моля вещества в 1000 г растворителя ($m = 1$). При условии сохранения свойств разбавленного раствора до этой концентрации.

Осмотическое давление

Вант – Гофф установил, что осмотическое давление разбавленных растворов подчиняется законам, аналогичным законам идеальных газов.

Осмотическое давление разбавленного раствора численно равно тому давлению, которое производило бы данное количество растворенного вещества, если бы оно находилось в газообразном состоянии при заданной температуре и занимало объем, равный объему раствора (закон Вант- Гоффа).

Ранее рассмотренные уравнения состояния идеального газа – уравнения Менделеева – Клайперона применимы к разбавленным растворам, если в них давление газа заменить осмотическим давлением, например:

$$P_{осм} V = nRT, \quad (12)$$

где $P_{осм}$ – осмотическое давление;

V – объем раствора;

n – число молей растворенного вещества;

T – абсолютная температура;

R – константа, численно равная газовой постоянной.

Вводя в это выражение молярную концентрацию $C = \frac{n}{V}$, получаем:

$$P_{осм} = CRT. \quad (13)$$

Уравнение (12) показывает, что при постоянных температуре и объеме осмотическое давление зависит только от числа растворенных частиц и не зависит от природы растворенного вещества. Если осмотическое давление определено на опыте и известны температура и концентрация раствора, то можно вычислить молекулярную массу растворенного вещества.

Для очень разбавленных растворов в тех случаях когда молярность раствора можно приравнять моляльности, из уравнений (13) и (6) получаем соотношение:

$$\frac{P_{осм1}}{P_{осм2}} = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}, \quad (14)$$

где $P_{осм1}$ и $P_{осм2}$ – осмотические давления соответственно первого и второго растворов;

Δt_1 и Δt_2 – понижения температуры замерзания растворов.

Порядок выполнения работы

Выполните задания

Решите задачи:

I вариант

1. Давление пара эфира при различных температурах приведено в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	1	2	3	4	5	6
Температура, °С	40	45	50	55	60	65
Давление, мм рт. ст	358,2	485,6	588,1	662,4	755,3	846,7

Изобразить графически зависимость давления пара от температуры для раствора, содержащего 3,45 г бензальдегида в 100 г эфира, и найти с помощью полученного графика температуру кипения раствора при внешнем давлении 750 мм. рт. ст.

2. Принимая, что закон Рауля применим в этом случае, вычислить в каком соотношении (по объему) нужно смешать глицерин с водой, чтобы полученный раствор замерзал при -8°C . Криоскопическая постоянная воды равна 1,86. Плотность глицерина $1,26 \text{ г/см}^3$, плотность воды считать равной 1 г/см^3 .
3. Температура кипения уксусной кислоты 154°C , а раствора содержащего 2,457 антрацена в 100 г уксусной кислоты $154,423^{\circ}\text{C}$. Удельная теплота испарения уксусной кислоты при температуре кипения $605,8 \text{ Дж/г}$. Вычислить молекулярную массу антрацена.
4. Определить осмотическое давление 10 – процентного раствора глицерина при 26°C . Плотность раствора равна $1,08 \text{ г/см}^3$.

II вариант

1. Давления пара эфира при различных температурах приведена в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	1	2	3	4	5	6
Температура, °С	15	20	25	30	35	40
Давление, мм рт. ст	288,4	345,7	498,5	539,6	642,8	766,3

Изобразить графически зависимость давления пара от температуры для раствора, содержащего 3,45 г бензальдегида в 100 г эфира, и найти с помощью полученного графика температуру кипения раствора при внешнем давлении 750 мм. рт. ст.

2. Понижение температуры замерзания бензола при растворении в нем камфоры равно 0,452 °С. Температура замерзания бензола 3,6 °С, а удельная теплота плавления его 110 Дж/г. Вычислить относительное понижение давления насыщенного пара раствора в процентах.
3. Раствор салициловой кислоты в этиловом спирте кипит при температуре 60,789 °С. Температура кипения спирта равна 66,3 °С, а удельная теплота испарения его при этой температуре 749,4 Дж/г. Вычислить давление пара над раствором при 66,3 °С.
4. Осмотическое давление водного раствора гемоглобина, содержащего 24 г/л при 16 °С. равно 46,66 см водяного столба. Найти молекулярную массу гемоглобина.

Практическая работа № 6

Расчет процессов экстрагирования

Цель: определить степень извлечения и концентрацию йода.

Краткое теоретическое обоснование

Закон распределения.

Если в систему, состоящую из двух взаимно растворимых жидкостей ввести третье вещество растворимое в обеих жидкостях, то оно распределится между ними.

Закон распределения Нернста.

При постоянной температуре отношение концентрации вещества (третьего компонента) растворенного в двух равновесных фазах постоянно.

Например: если в смесь бензола с водой вводить различные количества йода (m_1, m_2, m_3), то каждый раз устанавливаются такие равновесные концентрации йода в вводном ($C_1^в, C_2^в, C_3^в$) и бензольном ($C_1^б, C_2^б, C_3^б$) слоях, что их отношение остается постоянным.

$$\frac{C_1^б}{C_1^в} = \frac{C_2^б}{C_2^в} = \frac{C_3^б}{C_3^в} = K,$$

где K - коэффициент распределения.

Экстракция – это способ извлечения веществ из сложных систем обработкой их селективным (избирательным) растворителем называемым экстрагентом.

Экстракция широко используется как метод анализа и как способ разделения и очистки веществ. При использовании формулы закона распределения важно соблюдать соотношение концентраций, если

$$K = \frac{C_1}{C_2}, \quad (1)$$

где C_1 - равновесная концентрация вещества в воде в г/л;

C_2 – концентрация вещества в растворителе (экстрагенте) в г/л;

K – коэффициент распределения.

то

$$g_1 = g_0 \left[1 - \left(\frac{K \cdot V_1}{K \cdot V_1 + V_2} \right)^n \right], \quad (2)$$

но тогда

$$K = \frac{C_2}{C_1}, \quad (3)$$

$$g_1 = g_0 \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1 + K' V_2} \right)^n \right], \quad (4)$$

т.к. $K = \frac{1}{K'}, \quad (5)$

где g_1 - количество экстрагированного вещества в г;

g_0 - первоначальное количество вещества, содержащегося
в растворе в г;

V_1 - объем раствора из которого экстрагируется вещество в см³;

V_2 – объем растворителя, которым обрабатывается данный раствор
при экстрагировании в см³;

n – число экстракций.

Степень извлечения вещества вычисляем по формуле:

$$E = \frac{g_1}{g_0} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где E – степень извлечения в %.

Порядок выполнения работы

Выполнить задания

Решить задачи:

Задание 1

В $V_1, \text{ м}^3$ водного раствора содержится $g_0, \text{ кг}$ йода. Какова степень извлечения йода из данного раствора V_2 при $n, \text{ м}^3 \text{ CCl}_4$. Коэффициент распределения йода между водой и CCl_4 равен K .

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вариант	$V_1, \text{ м}^3$	$V_2 \text{ при } n, \text{ м}^3$	$g_0, \text{ кг}$	K	n
1	0,001	$0,4 \cdot 10^{-4}$	$0,15 \cdot 10^{-3}$	0,0117	4
2	0,002	$0,8 \cdot 10^{-2}$	$0,12 \cdot 10^{-5}$	0,0025	2
3	0,125	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$0,145 \cdot 10^{-2}$	0,0011	6
4	0,145	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$0,288 \cdot 10^{-6}$	0,0123	5
5	0,012	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$0,112 \cdot 10^{-4}$	0,0256	3
6	0,003	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$0,015 \cdot 10^{-6}$	0,0105	4
7	0,012	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$0,025 \cdot 10^{-5}$	0,1284	2
8	0,014	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$0,76 \cdot 10^{-2}$	0,0254	4
9	0,005	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$0,455 \cdot 10^{-4}$	0,0145	9
10	0,0422	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$0,20 \cdot 10^{-7}$	0,0112	3
11	0,004	$0,1 \cdot 10^{-4}$	$0,17 \cdot 10^{-3}$	0,0116	8
12	0,015	$0,4 \cdot 10^{-2}$	$0,14 \cdot 10^{-5}$	0,0023	3
13	0,003	$0,2 \cdot 10^{-6}$	$0,148 \cdot 10^{-2}$	0,0012	2
14	0,135	$0,4 \cdot 10^{-5}$	$0,283 \cdot 10^{-6}$	0,0127	4
15	0,006	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$0,111 \cdot 10^{-4}$	0,0252	7
16	0,0165	$0,3 \cdot 10^{-4}$	$0,025 \cdot 10^{-6}$	0,0108	6
17	0,025	$0,8 \cdot 10^{-2}$	$0,045 \cdot 10^{-5}$	0,1281	9
18	0,009	$0,7 \cdot 10^{-2}$	$0,36 \cdot 10^{-2}$	0,0259	6
19	0,0322	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,485 \cdot 10^{-4}$	0,0143	3
20	0,0165	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$0,201 \cdot 10^{-7}$	0,0111	8
21	0,0325	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$0,425 \cdot 10^{-4}$	0,0211	2
22	0,0122	$0,9 \cdot 10^{-2}$	$0,21 \cdot 10^{-7}$	0,0423	4
23	0,018	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,13 \cdot 10^{-3}$	0,0656	6
24	0,002	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$0,24 \cdot 10^{-5}$	0,0205	2
25	0,015	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$0,2125 \cdot 10^{-4}$	0,1584	3

Последовательность решения задачи:

- 1) Количество извлеченного йода после n - кратной экстракции определяем по формуле (2).

2) Степень извлечения вещества вычисляем по формуле (6).

3) Написать вывод.

Задача 2

Коэффициент распределения йода между водой и сероуглеродом равен K . V_1 , л водного раствора, содержащего g_0 , г йода, взболтали с V_2 , мл сероуглерода. Определить степень извлечения йода (в %) при однократном извлечении V_2 , см^3 (I) сероуглерода и при n -кратном взбалтывании порциями V_2 , см^3 (II) сероуглерода.

Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вариант	V_2 , мл	V_2 при n , см^3 (I)		V_2 при n , см^3 (II)		g_0 , г	V_1 , л	K
		V_2	n	V_2	n			
1	60	60	1	20	3	0,2	1	0,0017
2	80	80	1	20	4	0,3	5	0,0014
3	30	30	1	10	3	0,15	8	0,0022
4	40	40	1	20	2	1,25	2	0,0105
5	120	120	1	30	4	1,05	4	0,0044
6	120	120	1	60	2	0,45	5	0,0016
7	160	160	1	20	8	0,85	7	0,0012
8	60	60	1	30	2	0,58	9	0,0055
9	140	140	1	20	7	0,47	6	0,0011
10	80	80	1	40	2	0,24	2	0,0018
11	50	50	1	10	8	0,3	3	0,0016
12	110	110	1	30	4	0,12	5	0,0015
13	70	70	1	50	7	0,14	9	0,0023
14	130	130	1	20	2	1,23	1	0,0107
15	40	40	1	40	6	1,04	4	0,0043
16	100	100	1	30	3	0,46	7	0,0017
17	150	150	1	60	5	0,87	3	0,0011
18	120	120	1	10	4	0,53	6	0,0056
19	90	90	1	50	8	0,45	2	0,0012
20	130	130	1	20	2	0,23	8	0,0017
21	60	60	1	60	5	0,2	1	0,0022
22	160	160	1	40	3	0,3	5	0,0105

23	90	90	1	30	6	0,13	9	0,0041
24	30	30	1	20	8	0,25	4	0,0014
25	50	50	1	10	7	0,12	2	0,0015

Последовательность решения задачи:

- 1) Количество экстрагированного вещества рассчитываем по формуле (2).
 Перед расчетом необходимо перевести: g_0 из г в кг, V_1 из л в м^3 , V_2 из см^3 в м^3 . После подстановки всех данных в формулу (2) получим однократное извлечение и n-кратное извлечение.
- 2) Степень извлечения при однократной экстракции всем количеством растворителя и степень извлечения при n-кратной экстракции порциями, находим пропорцией.
- 3) Написать вывод.

Приложение А

Стандартная энтальпия образования и стандартная энергия Гиббса образования некоторых веществ при 298 К (25⁰С)

№ п/п	Вещество	ΔH^0 обр. КДж/моль	ΔG^0 обр. КДж/моль	№ п/п	Вещество	ΔH^0 обр. КДж/моль	ΔG^0 обр. КДж/моль
1	Ag	0	0	34	H ₂ O (г)	-241,8	-228,6
2	AgCl	-127,0	-109,7	35	H ₂ O (ж)	-285,8	-237,2
3	Al	0	0	36	H ₂ O ₂ (ж)	-187,6	-118,1
4	Al ₂ O ₃	-1669,8	-2213,2	37	H ₂ SO ₄ (ж)	-811,3	-866,5
5	Al ₂ (SO ₄) ₃	-3435,0	-3728,7	38	KMnO ₄	-813,4	-713,8
6	Au	0	0	39	MnO ₂	-521,9	-466,1
7	С(алмаз)	1,896	2,866	40	NH ₃ (г)	-46,2	-16,6
8	С(графит)	0	0	41	NH ₄ Cl(к)	-314,2	-203,2
9	CO (г)	-110,5	137,3	42	MgO(к)	-601,8	-569,6
10	CO ₂ (г)	-393,5	-394,4	43	NO (г)	89,9	90,4
11	CaCO ₃	-1206,9	-1128,8	44	NO ₂ (г)	33,9	51,8
12	CaO	-635,6	-604,2	45	N ₂ O (г)	+82	+104,1
13	CuO	-155,2	-127,2	46	N ₂ O ₄ (г)	9,7	98,3
14	Cu ₂ O	-166,7	146,4	47	O ₂ (г)	0	0
15	CuSO ₄	-769,9	-662,0	48	O ₃ (г)	142,3	163,4
16	CuSO ₄ *5H ₂ O	-2278,0	-1879,9	49	Pb	0	0
17	Fe	0	0	50	PbO	-217,9	-188,5
18	Fe ₂ O ₃	-822,1	-741,0	51	PbS	-94,3	-92,7
19	Fe ₃ O ₄	-1117,1	-1014,2	52	PbSO ₄	-918,4	-811,2
20	H ₂ (г)	0	0	53	SO ₂ (г)	-296,9	-300,4
21	ClO ₂ (г)	+105	+122,3	54	SO ₃ (г)	-395,8	-371,2
22	Cl ₂ O (г)	+75,7	+93,4	55	OF ₂ (г)	+25,1	+42,5
23	Cl ₂ O ₇ (ж)	+251	-	56	SiO ₂ (α-кварц)	-910,9	-856,7
24	Cr ₂ O ₃ (к)	-1141	-1059	57	Sn (белый)	0	0
25	FeO (к)	-264,8	-244,3	58	Sn (серый)	2,5	4,6
26	Fe ₂ O ₃ (к)	-882,2	-740,3	59	CH ₄ (г)	-74,8	-50,8
27	HF (г)	-270,7	-272,8	60	C ₂ H ₂ (г)	226,7	209,2
28	HCl (г)	-91,8	-94,8	61	C ₂ H ₆ (г)	-84,7	-32,9
29	HBr (г)	-34,1	-51,2	62	C ₂ H ₄ (г)	+52,3	+68,2

30	HI (г)	+26,6	+1,8	63	C ₆ H ₆ (г)	82,9	129,6
31	H ₂ S(г)	-20,9	-33,6	64	C ₆ H ₆ (ж)	49,0	124,5
32	HNO ₃ (ж)	-173,2	-79,9	65	C ₆ H ₅ NO ₂ (ж)	15,9	146,2
33	HNO ₃ (г)	-133,8	-73,6	66	C ₆ H ₅ NH ₂ (ж)	35,3	153,2

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основные источники:

1 Кудряшева Н.С., Бондарева Л.Г. Физическая и коллоидная химия: учебник для СПО. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2016. 340 с.

Дополнительные источники:

1 Григорьева Л.С., Орлова А.М., Трифонова О.Н. Прикладная химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие. М.: Московский гос. строит. ун-т, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015. 216 с. URL:<http://www.iprbookshop.ru/35439>. ЭБС «IPRbooks».

2 Григорьева Л.С., Трифонова О.Н. Физическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие. М.: Московский гос. строит. ун-т, 2014. 149 с. URL:<http://www.iprbookshop.ru/26215>. ЭБС «IPRbooks».

3 Варенцов В.К., Синчурина Р.Е., Турло Е.М. Химия. Электрохимические процессы и системы [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие. Новосибирск: Новосибирский гос. техн. ун-т, 2013. 60 с. [URL: http://www.iprbookshop.ru/44702](http://www.iprbookshop.ru/44702). ЭБС «IPRbooks».

4 Кочетков В.А., Воронкова В.В. Химия в строительстве. Полимеры, пластмассы, краски [Электронный ресурс]: учеб. пособие. М.: Московский гос. строит. ун-т, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015. 186 с. [URL: http://www.iprbookshop.ru/35442](http://www.iprbookshop.ru/35442). ЭБС «IPRbooks».

5 Макаров А.Г., Сагида М.О., Раздобреев Д.А. Теоретические и практические основы физической химии [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2015. 172 с.

URL:<http://www.iprbookshop.ru/52335>. ЭБС «IPRbooks».

6 Покровская Е.Н., Бельцова Т.Г. Физическая химия. Химия атмосферы [Электронный ресурс]: учеб. пособие. М.: Московский гос. строит. ун-т, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015. 109 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/27956>. ЭБС «IPRbooks».

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист



М.В. Отс

Методист по ИТ



Т.А. Сергеева