



Федеральное агентство по рыболовству
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель начальника колледжа
по учебно-методической работе
А. И. Колесниченко

ОП.03 ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Методическое пособие для выполнения практических занятий по дисциплине

35.02.10 Обработка водных биоресурсов

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ

РАЗРАБОТЧИК	Пляскина Н.М.
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ	Судьбина Н.А.
ГОД РАЗРАБОТКИ	2024
ГОД ОБНОВЛЕНИЯ	2025

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.2/25

Содержание

Введение	3
Раздел 1 Физическая химия	5
Тема 1.2 Основные понятия и законы термодинамики. Термохимия	5
Практическое занятие № 1	5
Решение задач на расчет теплового эффекта (энтальпии) химических реакций	5
Тема 1.3 Растворы	15
Практическое занятие № 2	15
Решение задач. Расчет осмотического давления, температур кипения и замерзания	15
Раздел 2 Коллоидная химия	20
Тема 2.2 Гидрофобные коллоидно-дисперсные системы	20
Практическое занятие № 3	20
Составление формул и схем мицелл	20
Литература	25

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.3/25

Введение

Рабочей программой учебной дисциплины «Физическая и коллоидная химия» предусмотрено проведение трех практических занятий по специальности 35.02.10 «Обработка водных биоресурсов».

Целью проведения практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение необходимых практических навыков и умений по отдельным темам курса. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

В результате освоения материала по практическим занятиям у учащихся формируются следующие компетенции: ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1,2.6, ПК 3.1.,3.4.

Перед проведением практических занятий студенты обязаны проработать соответствующий материал, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель – проверить их знания и готовность к выполнению задания.

После каждого практического занятия проводится зачет. На зачете студент должен: знать теорию по данной теме; пояснить, как проводится расчет или упражнение; уметь проанализировать полученные результаты (в соответствии с основными требованиями к знаниям и умениям по данной теме рабочей программы).

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.4/25

Перечень практических занятий

№ п/п	Практическое занятие	Кол-во часов
1	Практическое занятие № 1 Решение задач на расчет теплового эффекта (энтальпии) химических реакций	2
2	Практическое занятие № 2 Решение задач. Расчет осмотического давления, температур кипения и замерзания	2
3	Практическое занятие № 3 Составление формул и схем мицелл	2
ИТОГО		6

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.5/25

РАЗДЕЛ 1 ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Тема 1.2 Основы химической термодинамики, термохимии и химической кинетики

Практическое занятие № 1 Решение задач на расчет теплового эффекта (энтальпии) химических реакций

Цель занятия:

Углубить знания по теме, уметь производить расчеты теплового эффекта химических реакций и калорийности пищевых продуктов ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1,2.6, ПК 3.1.,3.4.

Используемые источники: [1], [2], [3], приложение А.

Теоретическая часть:

Все химические реакции сопровождаются поглощением или выделением тепловой энергии. Реакции, идущие с выделением тепла, называются экзотермическими. К таким реакциям относятся: горение угля, спирта, метана, реакции нейтрализации и другие. Реакции, протекающие с поглощением тепла, называются эндотермическими. Например, разложение водяного пара, углекислого кальция, гидроокиси меди и т.п.

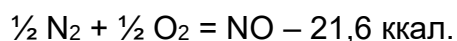
Количество тепла, выделившееся или поглотившееся в процессе реакции, называют тепловым эффектом реакции. Раздел физической химии, изучающей тепловые эффекты химических реакций, называется термохимией. Химические уравнения, в которых указывается тепловой эффект реакции, называются термохимическими уравнениями. В них тепловой эффект реакции относится к числу молей реагирующих или образующихся веществ (согласно их коэффициентам) и выражается обычно в килокалориях или килоджоулях (1 ккал = 4,184 кДж).

В отличие от термодинамики, в термохимии выделяемое в процессе тепло считается положительным и обозначается +Q, а поглощаемое тепло – отрицательным и обозначается –Q. Например, термохимическое уравнение:



показывает, что при образовании из азота и кислорода двух молей окиси азота поглощается 43,3 ккал.

Для отнесения теплового эффекта реакции к одному молю образующегося вещества ставят дробные коэффициенты:

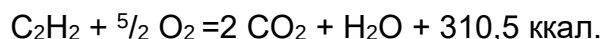


Количество теплоты, выделившееся или поглощающееся при образовании одного моля химического соединения из простых веществ, называется теплотой образования данного соединения. Из приведенного выше уравнения следует, что теплота образования окиси азота равна – 21,6 ккал/моль – (для других соединений см. приложение А, таблица - 1).

Теплота образования химического соединения численно равна теплоте разложения этого вещества, но имеет противоположный знак.

Теплотой сгорания какого-либо вещества называют теплоту, выделяющуюся при полном сгорании одного моля вещества в токе кислорода.

Например,



В данном случае теплота сгорания ацетилена равна +310,5 ккал (см. приложение А, таблица - 2). Теплота сгорания определяется сжиганием определенного количества вещества в специальном приборе – калориметрической бомбе (это прочный контейнер, емкость которого постоянна). На основании величин теплоты сгорания, в частности, рассчитывается калорийность топлива и пищевых продуктов.

В основе всех термохимических расчетов лежит один из основных законов термохимии (закон Гесса): тепловой эффект реакции зависит только от начального и конечного состояний реагирующих веществ, но не зависит от ее промежуточных стадий. Это означает, что тепловой эффект химического процесса равняется сумме тепловых эффектов всех промежуточных стадий.

В термохимических расчетах часто пользуются следствием закона Гесса: тепловой эффект реакции равен разности между суммой величин теплоты образования продуктов реакции и суммой величин теплоты образования исходных веществ (с учетом коэффициентов).

Например, для реакции типа: $m\text{A} + n\text{B} = h\text{C} + p\text{D} + Q$,



где

m, n, h, p – коэффициенты при формулах веществ А, В, С, Д;

А и В – исходные вещества;

С и Д – продукты реакции;

g_1 и g_2 - теплоты образования исходных веществ (А и В);

g_3 и g_4 - теплоты образования продуктов реакции (С и Д);

Q – тепловой эффект химической реакции.

Согласно следствию закона Гесса, тепловой эффект реакции равен:

$$Q = (hg_3 + pg_4) - (mg_1 + ng_2), \quad (1)$$

При расчетах следует учитывать, что теплоты образования простых веществ приняты равными нулю.

Пищевая ценность продуктов питания в значительной степени определяется их химическим составом.

На практике пищевые достоинства продукта оценивают приближенно по количеству съедобной части (т.е. без отходов при холодной и тепловой кулинарной обработке) и содержанию в нем основных питательных веществ – белков, жиров, углеводов.

Суточная норма потребления энергии для условного (“среднего”) взрослого человека (18-29 лет) составляет в среднем 2775 ккал. Зная химический состав (см. приложение А, табл. 4) и энергетическую ценность белков, жиров и углеводов можно составить энергетически сбалансированное меню на целый день, включающее завтрак, обед, полдник, ужин.

Для приближенного расчета энергетической (пищевой) ценности рационов используют такой показатель, как калорийность продукта, т.е. количество тепла, которое может быть получено в организме человека при окислении белков, жиров и углеводов, содержащихся в 100 г продукта (ккал/100 г продукта).

При окислении 1 г белков выделяется 4 ккал, 1 г жиров – 9 ккал, 1 г углеводов – 4 ккал (даны средние значения).

Различают теоретическую и практическую калорийность. Для определения практической калорийности при расчете вводят коэффициенты усвоения пищевых веществ в организме. Коэффициент усвоения белков составляет в среднем 0,94, жиров – 0,845, углеводов – 0,956.

Практическую калорийность продукта К, ккал, находят по формуле:

$$K = B \cdot K_1 \cdot x + Ж \cdot K_2 \cdot y + У \cdot K_3 \cdot z, \quad (2)$$

где

Б, Ж, У, – содержание белков, жиров, углеводов в продукте, %;

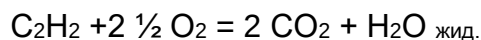
K_1, K_2, K_3 , – энергетическая ценность (калорийность) 1 г соответственно белков, жиров, углеводов, ккал;

x, y, z – коэффициент усвоения соответственно белков, жиров, углеводов.

Пример 1. Рассчитать тепловой эффект реакции горения ацетилена.

Решение.

Горение ацетилена протекает по термохимическому уравнению:



Из таблицы 1 приложения А находим: $g \text{CO}_2 = 94,0$ ккал; $g \text{H}_2\text{O} = 68,3$ ккал;

$g \text{C}_2\text{H}_2 = -54,2$ ккал; $g \text{O}_2 = 0$ ккал.

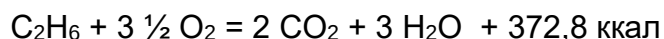
В этом случае тепловой эффект реакции согласно следствия закона Гесса равен:

$$Q = (2g \text{CO}_2 + g \text{H}_2\text{O}) - g \text{C}_2\text{H}_2 = (2 \cdot 94,0 + 68,3) - (-54,2) = 310,5 \text{ ккал или } 1298 \text{ кДж.}$$

Пример 2. При сгорании 1 моль этана выделяется 372,8 ккал тепла. Вычислить теплоту образования этана, если известно, что величины теплоты образования H_2O и CO_2 составляют соответственно 68,3 ккал и 94,0 ккал.

Решение.

Горение этана протекает по термохимическому уравнению:



$$Q = (2g \text{CO}_2 + 3g \text{H}_2\text{O}) - g \text{C}_2\text{H}_6, \text{ откуда}$$

$$g \text{C}_2\text{H}_6 = (2g \text{CO}_2 + 3g \text{H}_2\text{O}) - g = (2 \cdot 94,0 + 3 \cdot 68,3) - 372,8 = 20,1 \text{ ккал или } 84,0 \text{ кДж.}$$

В решении задачи использовано следствие закона Гесса.

Пример 3. Реакция горения метана протекает по уравнению:

$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 219,9 \text{ ккал.}$ Вычислить количество тепла, которое выделяется при сгорании 100 л метана при нормальных условиях.

Решение.

Составляем пропорцию:

при сгорании 1 моль метана, занимающего объем в 22,4 л (из следствия закона Авогадро), выделяется 219,9 ккал;

при сгорании 100 л метана – x ккал;

$$x = 100 \cdot 219,9 / 22,4 = 981,7 \text{ ккал} = 4107,4 \text{ кДж.}$$

Пример 4. Определить калорийность 200 г молока, зная его химический состав: белки – 2,79 %, жиры – 3,5 %, углеводы – 4,69 %.

Решение.

$K = 2,79 \cdot 4 \cdot 0,94 + 3,5 \cdot 9 \cdot 0,845 + 4,69 \cdot 4 \cdot 0,956 = 10,49 + 26,62 + 17,93 = 55$ ккал/100 г.

Следовательно, калорийность 200 г молока составит: $55 + 2 = 110$ ккал.

Пример 5. Рассчитать калорийность завтрака, если съедено: 2 яйца (100 г), 200 г хлеба и чай с сахаром. Принять процент усвояемости всех пищевых веществ, равный 0,85.

Химический состав продуктов представлен в таблице 1.

ТАБЛИЦА - 1

В процентах

Продукт	Белки	Жиры	Углеводы
Яйцо	12,7	11,5	0,7
Хлеб	12,0	6,0	55,0
Чай с сахаром	-	-	99,8

Решение.

1) Калорийность 2 яиц (100 г):

$$K_{\text{теор.}} = 12,7 \cdot 4 + 11,5 \cdot 9 + 0,7 \cdot 4 = 157,1 \text{ ккал/100 г.}$$

$$K_{\text{практ.}} = 157,1 \cdot 0,85 = 133,5 \text{ ккал/100 г.}$$

2) Калорийность хлеба:

$$K_{\text{теор.}} = 12,0 \cdot 4 + 6 \cdot 9 + 55 \cdot 4 = 331 \text{ ккал/100 г.}$$

$$K_{\text{практ.}} = 331 \cdot 0,85 = 281,35 \text{ ккал/100 г.}$$

Калорийность 200 г хлеба составит 562,7 ккал.

3) Калорийность чая с сахаром:

$$K_{\text{теор.}} = 99,8 \cdot 4 = 399,2 \text{ ккал/100 г.}$$

$$K_{\text{практ.}} = 399,2 \cdot 0,85 = 339,3 \text{ ккал/100 г.}$$

Количество сахара на стакан чая составляет 30 г, поэтому калорийность будет соответственно равна:

$$339,3 \cdot 30 / 100 = 101,8 \text{ ккал.}$$

Чай энергетической ценности не имеет.

4) Калорийность завтрака составит $133,5 + 562,7 + 101,8 = 797,8$ ккал, что составляет третью часть от суточной потребности в энергии.

ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ДАННЫЕ:

Варианты заданий	Задачи
1	Рассчитать тепловой эффект реакции горения этилового спирта: $C_2H_5OH + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O + Q,$

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.10/25

	$g \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = 56,2 \text{ ккал}$, $g \text{ O}_2 = 0$, (теплоты образования простых веществ приняты равными нулю), $g \text{ CO}_2 = 94,0 \text{ ккал}$ и $g \text{ H}_2\text{O} = 68,4 \text{ ккал}$.
--	---

Продолжение

Варианты заданий	Задачи
2	Реакция горения метана протекает по уравнению: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 212,9 \text{ ккал}$. Вычислить количество тепла, выделяющееся при сгорании 250 л метана при нормальных условиях.
3	Определить теплоту сгорания этилена: $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} (\text{ж}) + Q$ Исходя из следующих данных: $g \text{ C}_2\text{H}_4 = -62,01 \text{ кДж/моль}$; $g \text{ CO}_2 = +393,9 \text{ кДж/моль}$; $g \text{ H}_2\text{O} (\text{ж}) = +284,9 \text{ кДж/моль}$.
4	Вычислите тепловой реакции полного окисления этилового спирта до уксусной кислоты, если теплота образования всех веществ участвующих в реакции, равны: $g \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} (\text{ж}) = -277 \text{ кДж/моль}$; $g \text{ CH}_3\text{COOH} (\text{ж}) = -487 \text{ кДж/моль}$; $g \text{ H}_2\text{O} (\text{ж}) = -285,9 \text{ кДж/моль}$; $g \text{ O}_2 = 0$. Реакция окисления этилового спирта: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2 = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$
5	При хранении муки моносахариды медленно окисляются кислородом воздуха с выделением тепла. Найдите тепловой эффект этой реакции, если теплоты образования равны: $g \text{ CO}_2 = -393,6 \text{ кДж/моль}$, $g \text{ H}_2\text{O} = -285,9 \text{ кДж/моль}$, $g \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = -1272,45 \text{ кДж/моль}$.
6	Реакция горения метана протекает по уравнению: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} (Q = -891,3 \text{ кДж})$ Сколько теплоты выделится при сгорании 100 л метана, измеренного при стандартных условиях (25 °С, 1атм)?
7	Реакция горения оксида углерода идет по уравнению: $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO}_2 (Q = -284,7 \text{ кДж})$ Сколько литров оксида углерода, измеренного при стандартных условиях (25 °С, 1атм), надо сжечь, чтобы выделилось 4,187 кДж теплоты?
8	Реакция между хлором и йодидом водорода идет по уравнению: $\text{Cl}_2 + 2\text{HI} = \text{I}_2 + 2\text{HCl}$ Зная, что при участии в реакции 1 л Cl_2 , измеренного при стандартных условиях, выделяется 10,47 кДж теплоты, вычислите тепловой эффект реакции.
9	При спиртовом брожении 0,5 моля глюкозы, происходящем при изготовлении теста, выделяется 35,1 кДж теплоты. Вычислите теплоту образования глюкозы, если $g \text{ CO}_2 = -383,6 \text{ кДж/моль}$, $g \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = -277,9 \text{ кДж/моль}$.
10	По уравнению горения ацетилена $\text{C}_2\text{H}_2 + 2 \frac{1}{2} \text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} (\text{г})$ и теплотам образования участвующих в реакции веществ вычислите тепловой эффект данной реакции.

Содержание и порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с теоретической частью.

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.12/25

2 По варианту, заданному преподавателем, решить задачу с необходимыми пояснениями и указанием единиц измерения. Использовать данные таблиц 7 и 8 приложения [3].

3 Оформить отчет по практической работе.

4 Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета:

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении работы

Список использованной литературы и других источников

Выводы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1. Что изучает термохимия?
2. Какие реакции называются экзотермическими, эндотермическими?
3. Что называют тепловым эффектом? Каковы единицы его измерения?
4. Какие уравнения называют термохимическими?
5. Что называют теплотой образования, разложения, сгорания?
6. Как формулируется закон Гесса?
7. Как трактуют следствие закона Гесса?
8. Какова роль закона Гесса для физиологии и биохимии?
9. Назовите среднюю величину суточной потребности в энергии для человека.
10. Содержанием каких веществ определяют пищевую ценность продукта?
11. Что подразумевают под калорийностью пищевого продукта?
12. В чем заключается отличие теоретической калорийности от практической?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Некоторые справочные данные физико-химических величин

ТАБЛИЦА 1 – ТЕПЛОТА ОБРАЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ

в ккал/моль

H ₂ O _{пар.}	57,8	NO	–21,6	CO ₂	94,0
H ₂ O _{жид.}	68,3	P ₂ O ₅	360	CO	26,4
HCl	22,1	CH ₄	17,9	CaO	151,7
O ₂	71,0	C ₂ H ₄	–12,5	Ca(OH) ₂	236,0
NH ₃	11,0	C ₂ H ₂	– 54,2	Fe ₂ O ₃	195,2
N ₂ O	–19,5	C ₂ H ₅ OH	56,2	Al ₂ O ₃	393,3

ТАБЛИЦА 2 – ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ

в ккал/моль

Метан	+248,5	Ацетон	+437,2	Толуол	+938,2
Этан	+372,8	Аммиак (сгорает до окиси азота)	+69,85	Метанол	+289,1
Этилен	+337,1	Аммиак (сгорает до азота)	+ 75,8	Пропанол	+481,0
Ацетилен	+310,5	Глюкоза	+674,0	Сахароза	+1351,3
Пропан	+579,8	Мочевина	+151,7	Уксусная кислота	+208,3
Бутан	+747,0	Бензол	+783,4	Диэтиловый эфир	+660,9

ТАБЛИЦА 3 – ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ 1 Г ПИЩЕВЫХ ВЕЩЕСТВ В ЖИВОТНОМ ОРГАНИЗМЕ

в калориметре

ккал

Вещество	Теплота сгорания в организме	Теплота сгорания в калориметре
Углеводы	4,0	4,0
Жиры	9,0	9,0
Белки	4,0	5,6

ТАБЛИЦА 4 – СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

В процентах

Продукт	Вода	Белки	Жиры	Монодисахариды	Крахмал	Зола	Энергетическая ценность, ккал/100 г
Хлеб и хлебобулочные изделия							
Хлеб ржаной подовый	39,5	4,7	1,0	1,4	42,2	1,8	208
Хлеб пшеничный	41,0	8,7	1,5	1,4	37,3	2,0	209
Батон простой	36,6	8,0	0,9	0,8	48,1	1,5	235
Сдоба обыкновенная	27,5	8,0	5,3	7,2	46,5	1,7	299

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.14/25

Продолжение

Продукт	Вода	Белки	Жиры	Монодисахариды	Крахмал	Зола	Энергетическая ценность, ккал/100 г
Сухари	12,0	11,2	1,4	1,5	66,3	2,1	337
Кондитерские изделия							
Сахар-песок	0,14	0	0	99,8	0	0	379
Орех фундук	4,8	16,1	66,9	-	9,9	2,3	707
Шоколад	0,8	5,4	5,4	35,3	47,2	1,1	544
Какао порошок	4,0	24,2	17,5	3,5	24,4	6,3	380
Печенье сахарное	5,5	7,5	11,8	23,6	50,8	0,3	436
Молочные продукты, жиры, масла							
Молоко 3,2 % жира	88,5	2,8	3,2	4,7	-	0,7	58
Сметана 25 % жира	68,5	2,6	25,0	2,7	-	0,5	248
Творог полужирный	70,3	16,7	9,0	2,0	-	1,0	159
Молоко сгущённое с сахаром	26,0	7,2	8,5	12,5	43,5	1,8	320
Масло сливочное	16,0	0,5	82,5	0,8	-	0,2	748
Сыр «Российский»	41,0	23,0	29,0	-	2,0	4,6	360
Яйцо куриное	74,0	12,7	11,5	0,7	-	1,00	157
Фрукты, соки							
Яблоко	87,0	0,4	0,4	9,0	1,6	0,5	45
Лимон	87,5	0,99	0,1	3,0	3,7	0,5	33
Сок абрикосовый	84,0	0,5	0	13,7	0/0,8	0,4	56
Сок томатный	94,3	1,00	0	3,3	0,2/0,5	0,7	19
Сок яблочный	88,1	0,5	0	9,1	-/0,5	0,3	38
Виноград сушеный	18,0	2,3	0	56,0	1,2	3,0	262

Тема 1.3 Растворы**Практическое занятие № 2 . Решение задач. Расчет осмотического давления, температур кипения и замерзания***Цель занятия:*

Научиться решать задачи по определению осмотического давления растворов, температур кипения и замерзания ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1,2.6, ПК 3.1.,3.4.

Используемые источники: [1], [2], [3].

*Теоретическая часть:***О с м о т и ч е с к о е д а в л е н и е**

Осмотическим давлением называется сила на единицу площади (Па), заставляющая растворитель переходить через полупроницаемую перегородку в раствор, находящийся при том же давлении, что и растворитель.

Два раствора различных веществ при одинаковых температуре и молярной концентрации обладают одинаковым осмотическим давлением и называются изотоническими. Разбавленные растворы хорошо подчиняются законам идеальных газов. Сходство разбавленных растворов с идеальными газами голландский химик Вант-Гофф выразил в виде закона, выражающимся уравнением:

$$\pi = CRT, \quad (3)$$

где

π – осмотическое давление, Па,

C – концентрация раствора, кмоль/м³ или моль/л;

R – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура, К.

Молярность раствора, C , вычисляют по формуле:

$$C = n / V = m / M \cdot V, \quad (4)$$

где

n – число молей растворенного вещества;

m – масса растворенного вещества в растворе, кг;

M – молекулярная масса растворенного вещества, кг/кмоль;

V – объем раствора, м³.

При вычислении осмотического давления растворов электролитов в уравнение (3) вводят поправочный (изотонический) коэффициент $i > 1$, учитывающий увеличение числа частиц в растворе, вследствие электролитической диссоциации молекул растворенного вещества:

$$\pi = iCRT \quad (5)$$

Для растворов неэлектролитов изотонический коэффициент равен 1.

Пример 1. Рассчитайте молекулярную массу неэлектролита, если в 5 л раствора содержатся 2,5 г неэлектролита. Осмотическое давление этого раствора равно $0,23 \cdot 10^5$ Па при 20 °С.

Решение.

Из формул (3) и (4) находим молекулярную массу:

$$M = m \cdot R \cdot T / \pi \cdot V = 2,5 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 293 / 0,23 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 52,96 \text{ г/моль.}$$

З а м е р з а н и е и к и п е н и е р а с т в о р о в. З а к о н ы Р а у л я

Раствор замерзает при более низкой температуре, чем чистый растворитель. С увеличением концентрации раствора температура замерзания понижается. Понижение температуры замерзания раствора, $\Delta t_{\text{зам}}$, определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{зам}} = K_{\text{зам}} \cdot C, \quad (6)$$

где

$K_{\text{зам}}$ – криоскопическая постоянная (константа замерзания),

C – моляльная концентрация, число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя.

Криогидраты – смеси солей (NaCl, KCl...) с водой, замерзающие при температуре ниже 0° С в зависимости от концентрации раствора.

Раствор кипит при температуре более высокой, чем чистый растворитель. С увеличением концентрации раствора температура кипения повышается. Повышение температуры кипения раствора, $\Delta t_{\text{кип}}$, определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{кип}} = K_{\text{кип}} \cdot C, \quad (7)$$

где

$K_{\text{кип}}$ – эбулиоскопическая постоянная (константа кипения),

C – моляльная концентрация, число молей растворенного вещества в 1000 г растворителя.

Уравнения (6) и (7) были выведены для разбавленных растворов французским ученым Раулем. Второй закон Рауля гласит: понижение температуры замерзания или повышение температуры кипения растворов прямо пропорционально концентрации растворенного вещества.

Моляльность раствора, C , вычисляют по формуле:

$$C = n / 1000 = m \cdot 1000 / M \cdot A, \quad (8)$$

где

n – число молей растворенного вещества;

m – масса растворенного вещества в 1000 г растворителя, г;

A – масса растворителя, г;

M – молекулярная масса вещества, г/моль.

Пример 2. При какой температуре будет замерзать водный раствор этилового спирта 40 % -ной концентрации? $K_{\text{зам}}$ воды равна 1,86.

Решение.

Используем формулы (6) и (8):

$$\Delta t_{\text{зам}} = K_{\text{зам}} \cdot C = K_{\text{зам}} \cdot m \cdot 1000/M \cdot A = 1,86 \cdot 40 \cdot 1000/60 \cdot 46 = 26,95 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$t_{\text{зам}} = t_{\text{зам}}^{\text{раств}} - t_{\text{зам}}^{\text{раств}} = 0 - 26,95 = -26,95 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Раствор начнет замерзать примерно при минус 27 $^{\circ}\text{C}$.

Пример 3. Раствор, содержащий 8 г некоторого вещества в 100 г диэтилового эфира, кипит при 36,86 $^{\circ}\text{C}$, тогда как чистый эфир кипит при 35,60 $^{\circ}\text{C}$. Определить молекулярную массу растворенного вещества. $K_{\text{кип}}$ эфира равна 2,02.

Решение.

Из условия задачи находим: $\Delta t_{\text{кип}} = 36,86 - 35,60 = 1,26 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Из формулы (8) находим моляльность раствора: $C = \Delta t_{\text{кип}} / K_{\text{кип}} = 1,26 / 2,02 = 0,624 \text{ моля/1000 г}$ эфира. Используя формулу (8), находим молекулярную массу растворенного вещества: $M = m \cdot 1000 / C \cdot A = 80 \cdot 1000/0,624 \cdot 100 = 128,2 \text{ г/моль}$.

ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ДАННЫЕ:

Варианты заданий	Задачи
1	1 При 22 $^{\circ}\text{C}$ осмотическое давление раствора тростникового сахара равно $7,3 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Каково будет осмотическое давление, если раствор разбавить в 2 раза, а температуру повысить на 25 $^{\circ}\text{C}$? 2 Определить процентную концентрацию водного раствора глюкозы, если он замерзает при $-1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
2	1 При 18 $^{\circ}\text{C}$ осмотическое давление раствора глицерина равно $3,039 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Каково будет осмотическое давление, если раствор разбавить в 3 раза, а температуру повысить до 37 $^{\circ}\text{C}$? 2 Определить процентную концентрацию сахара в растворе, если раствор закипает при 100,5 $^{\circ}\text{C}$.

Продолжение

Варианты заданий	Задачи
3	1 Вычислить осмотическое давление раствора сахарозы при 0 °С, если при 20 °С осмотическое давление этого же раствора $1,066 \cdot 10^5$ Па. 2 Какое количество глицерина нужно добавить к 1000 г воды, чтобы раствор не замерзал до – 5 °С?
4	1 Осмотическое давление раствора неэлектролита при 17 °С $4,82 \cdot 10^5$ Па. Определить осмотическое давление этого же раствора при 57 °С. 2 При какой температуре будет замерзать 45 % -ный раствор метилового спирта (CH₃OH) в воде?
5	1 Вычислить осмотическое давление раствора при 25 °С водного раствора, содержащего 225 г сахара в 5 л раствора. 2 В каком соотношении (по массе) надо смешать воду и глицерин, чтобы получить смесь, замерзающую при – 20 °С?
6	1 Вычислить осмотическое давление при 27 °С раствора тростникового сахара C₁₂H₂₂O₁₁, концентрация которого 0,025 (2,5 %) массовой доли. 2 Определить процентную концентрацию морской воды, если она замерзает при температуре – 2 °С.
7	1 Вычислить молекулярную массу мочевины, если водный раствор, содержащий 0,3680 г мочевины в 200 см³, при 20 °С имеет осмотическое давление 74 630 Па. 2 При какой температуре будет кипеть 50 % - й раствор сахара в воде?
8	1 Осмотическое давление раствора, содержащего в 500 см³ 1,55 г анилина, при 21°С $8,104 \cdot 10^4$ Па. Определить молекулярную массу анилина. 2 Сколько граммов глюкозы нужно добавить к 100 г воды, чтобы раствор закипел при 102,5 °С?
9	1 Осмотическое давление раствора, содержащего 7,5 г сахара в 625 см³ раствора, $8,307 \cdot 10^4$ Па при 12 °С. Определить молекулярную массу сахара. 2 Водный раствор, содержащий нелетучее растворенное вещество (неэлектролит), замерзает при – 2,2 °С. Определить температуру кипения раствора и давление пара раствора при 20 °С. Давление пара чистой воды при 20 °С 2337,8 Па.
10	1 Раствор, содержащий 9 г растворенного вещества (неэлектролита) в 250 см³ раствора, обладает осмотическим давлением $4,56 \cdot 10^5$ Па при 0 °С. Определить молекулярную массу растворенного вещества. 2 Вычислить температуру замерзания раствора 7,308 г хлорида натрия в 250 г воды, если при 18 °С осмотическое давление указанного раствора $2,1077 \cdot 10^6$ Па. Плотность раствора принять равной 1.

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.19/25

Содержание и порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с теоретической частью.

2 По варианту, заданному преподавателем, решить задачи с необходимыми пояснениями и указанием единиц измерения. Использовать данные таблиц 7 и 8 приложения [3].

3 Оформить отчет по практической работе.

4 Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета:

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении работы

Список использованной литературы и других источников

Выводы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение осмотическому давлению?

2. Что понимают под изотоническими растворами?

3. Сформулируйте закон Вант-Гоффа и напишите его математическое выражение. Обозначения и единицы измерения.

4. В чем физический смысл изотонического коэффициента?

5. В чем особенности замерзания и кипения растворов?

6. Представьте формулы понижения температуры замерзания и температуры кипения растворов. Обозначения и единицы измерения.

7. Что понимают под молярной и моляльной концентрацией раствора? Обозначения и единицы измерения.

8. Как используется свойство растворенных веществ понижать температуру замерзания?

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.20/25

РАЗДЕЛ 2 КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Тема 2.2 Гидрофобные коллоидно-дисперсные системы

Практическое занятие № 3. Составление формул и схем мицелл

Цель занятия:

Углубить знания по теме. Освоить методику составления мицеллярных формул ПК 1.1, 1.6, ПК 2.1,2.6, ПК 3.1.,3.4.

Используемые источники: [1], [2], [3].

Теоретическая часть:

«Приемы нашей кулинарной техники, имеющей место на кухне, являются не чем иным как практическим применением коллоидной химии» (Бехгольд). Коллоидная химия – это физическая химия гетерогенных высокодисперсных (сильно раздробленных) систем, а также растворов высокомолекулярных соединений.

Эти системы широко распространены в природе и имеют большое значение в производстве. Велика роль коллоидов в пищевой технологии, к примеру, в приготовлении пищи широко используются масло, маргарин, майонез, сметана, сливки, молоко, представляющие собой сложные коллоидные системы.

Кулинарные процессы: коагуляция белков (при тепловой обработке мяса, рыбы, яиц и т.п.), получение стойких эмульсий (многие соусы), пен (взбивание сливок, белков, муссов и т.п.), старение студней (очерствение хлеба, отделение жидкости от киселей, желе и т.п.), адсорбция (осветление бульонов) и т.д. относятся к коллоидным процессам. Они лежат также в основе хлебопечения, кондитерского производства, виноделия, пивоварения и других пищевых производств.

Свойства коллоидных растворов зависят не только от степени их дисперсности (размер частиц от 10^{-5} до 10^{-7} см), но также и от их природы.

Коллоидный раствор (золь) – дисперсная система, образованная дисперсной фазой и дисперсной средой. Дисперсную фазу представляют коллоидные частицы. Термин «коллоидная частица» носит неопределенный характер. Более точным является термин «коллоидная мицелла».

По направленности перемещения коллоидных частиц к противоположно заряженному электроду в электрическом поле (электрофорез) ученым удалось доказать, что частицы зольей обладают электрическим зарядом. Заряд препятствует слипанию коллоидных частиц в большие агрегаты (коагуляция) и осаждению коллоидного вещества в осадок (седиментация). Пептизация – процесс обратный коагуляции.

Движение жидкой дисперсионной среды через пористую диафрагму в электрическом поле называется электроосмосом.

Электрофорез и электроосмос используются в технике, в медицине и производстве. К примеру, электроосмотически производят сушку некоторых пористых материалов (торф, древесина и др.) На электрофорезе основана работа электрофильтров – дымоуловителей, действие лекарств в медицинской практике.

Коллоидная частица имеет сложное строение. В центре частицы находится ядро, состоящее из большого числа молекул или атомов вещества («m»), образующего золь. На поверхности ядра из дисперсионной среды адсорбируются ионы того или иного знака. Совокупность ядра с адсорбированными на поверхности ионами называется коллоидной частицей или гранулой. На поверхности ядра адсорбируются ионы, имеющиеся в составе ядра частиц (правило Пескова-Фаянса). Ионы, адсорбирующиеся на поверхности ядра и обуславливающие величину и знак электрического заряда частицы, называются потенциалопределяющими ионами («n»). Они образуют так называемый неподвижный или адсорбционный слой ионов.

Ионы противоположного знака (противоионы) частично («n - x») адсорбируются на поверхности ядра частицы (т.е. входят в состав адсорбционного слоя, а частично («x») располагаются в жидкости вблизи гранулы, образуя подвижный или диффузный слой ионов. Совокупность гранулы с диффузным облаком противоионов называется м и ц е л л о й.

Строение мицелл выражают особыми мицеллярными формулами. В общем виде мицелла записывается:

$$\{ m [\text{ядро}] n K^+ (n - x) A^- \}^+ x A^-, \quad (8)$$

$$\{ m [\text{ядро}] n A^- (n - x) K^+ \}^- x K^+, \quad (9)$$

где

K^+ – катионы;

A^- – анионы;

n – число потенциалопределяющих ионов;

x – число ионов, находящихся в диффузионном слое ($x > n$);

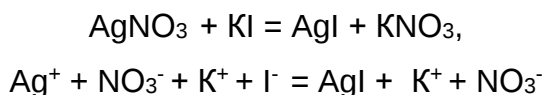
(n - x) – число противоионов, находящихся в диффузионном слое;

m – число атомов или молекул в ядре ($m \gg n$).

Числа m, n, x в зависимости от условий приготовления золь могут изменяться в широких пределах, т.е. мицелла не имеет строго определенного состава. В этих формулах в квадратные скобки заключено ядро, а фигурные – гранула, несущая заряд

Таким образом, мицелла – электрически нейтральная частица, способная к самостоятельному существованию. Она определяет все основные свойства коллоидной системы. Состоит мицелла из ядра кристаллического или аморфного строения, адсорбционного или диффузного слоев.

Рассмотрим строение мицеллы на примере образования золя йодистого серебра, который получается при взаимодействии очень разбавленных растворов AgNO_3 и KI :



В примере ядро – мельчайший кристаллик йодида серебра, состоящий из большого числа молекул: $m[\text{AgI}]$. Схема мицеллы изображена на рисунке - 1.

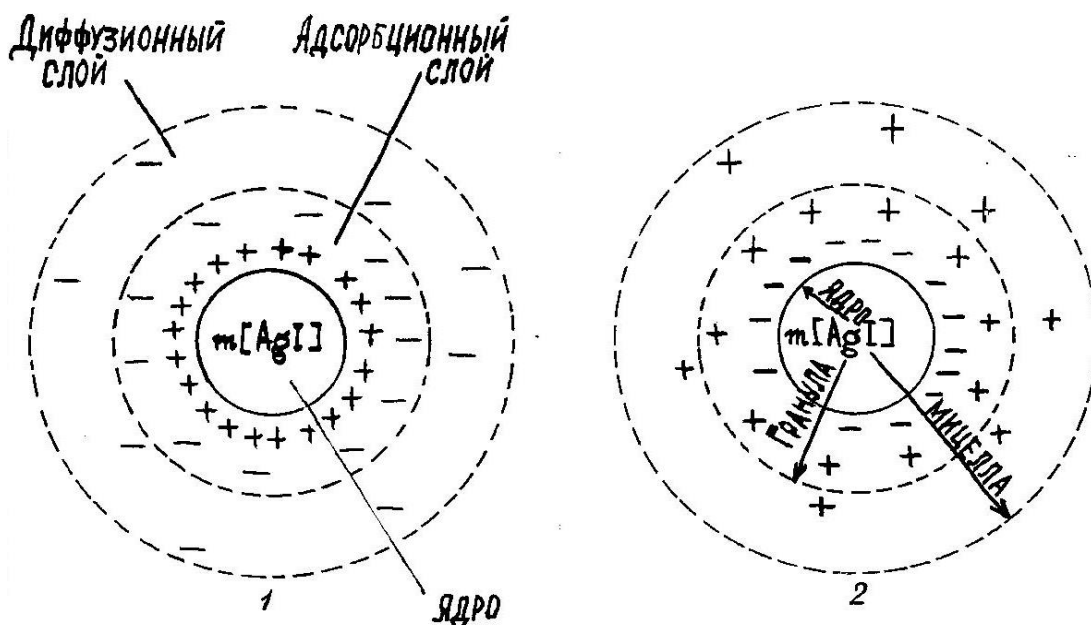
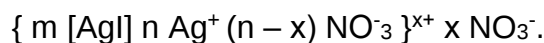


Рисунок 1 – Строение мицелл золя йодистого серебра, полученного в избытке AgNO_3 (I) и KI (II)

Согласно правила Пескова-Фаянса на поверхности ядра будут адсорбироваться в случае:

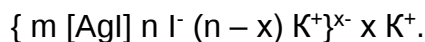
- избытка AgNO_3 – ионы Ag^+ , и гранула (коллоидная частица) приобретет положительный заряд. Электролит, в состав которого входят ионы, адсорбирующиеся на поверхности дисперсных частиц (потенциалопределяющие ионы), называется электролитом-стабилизатором. В данном случае – это AgNO_3 . Его диссоциация имеет вид: $n \text{AgNO}_3 \leftrightarrow n \text{Ag}^+ + n \text{NO}_3^-$.

Формула мицеллы:



- избытка KI – ионы I⁻, и гранула получит отрицательный заряд. Диссоциация электролита-стабилизатора KI имеет вид: $n KI = n K^+ + n I^-$.

Формула мицеллы:



ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ДАННЫЕ:

Варианты заданий	A	B	C
1	NaI	AgNO ₃	AgI
2	MgCl ₂	NaOH	Mg(OH ₂)
3	AlCl ₃	NH ₄ OH	Al(OH) ₃
4	CrCl ₃	NH ₄ OH	Cr(OH) ₃
5	ZnCl ₂	NaOH	Zn(OH ₂)
6	FeCl ₃	NaOH	Fe(OH) ₃
7	AgNO ₃	HCl	AgCl
8	FeCl ₃	K ₄ [Fe(CN) ₆]	Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃
9	K ₂ CrO ₄	AgNO ₃	Ag ₂ CrO ₄
10	Hg ₂ (NO ₃) ₂	KI	Hg ₂ I ₂
11	Pb(NO ₃) ₂	KI	PbI ₂
12	Na ₂ SiO ₃	HCl	H ₂ SiO ₃

Содержание и порядок выполнения работы:

- 1 Ознакомиться с теоретической частью.
- 2 По варианту, предложенному преподавателем, выполнить задание.
- 3 Оформить отчет по практической работе.
- 4 Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета:

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении работы

Список использованной литературы и других источников

Выводы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Вопросы для самопроверки:

1. Что называется коллоидным раствором?

МО-35 02 10-ОП.03.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ	С.24/25

2. Что такое электрофорез?
3. Практическое применение этих электрокинетических явлений.
4. В чем проявляется коагуляция растворов?
5. В чем проявляется седиментация?
6. Что такое пептизация?
7. Какова основная причина агрегативной устойчивости золя?
8. Каково строение мицеллы? Каков ее заряд?
9. Дать определение гранулы.
10. Правило Пескова-Фаянса.
11. Какие ионы называются потенциалопределяющими?
12. Какой слой мицеллы они образуют?
13. Какие ионы образуют диффузный слой мицеллы?

ЛИТЕРАТУРА

Виды источников	Наименование рекомендуемых учебных изданий
Основные	1. Кудряшева, Н. С. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс] : учебник и практикум для сред. проф. образования / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - on-line 2. Гаршин, А. П. Общая и неорганическая химия в схемах, рисунках, таблицах, химических реакциях [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Гаршин. - Москва : ИНФРА-М, 2021. - 304 on-line : рис., схемы, табл. - (Высшее образование. Бакалавриат). -
Дополнительные	1. С.В. Горбунцова, Э.А. Муллоярова, Е.С. Орбейко, Е.В. Федоренко. Физическая и коллоидная химия (в общественном питании). Учебное пособие для студ. проф. учеб. заведений. М., «Альфа-М»; «ИНФРА-М», 2012 – с. 269 <i>Методические пособия и рекомендации для выполнения практических занятий, лабораторных и самостоятельных работ</i>
Электронные образовательные ресурсы	1. ЭБС «Book.ru», https://www.book.ru 2. ЭБС «ЮРАЙТ» https://www.biblio-online.ru 3. ЭБС «Академия», https://www.academia-moscow.ru 4. Издательство «Лань», https://e.lanbook.com 5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», https://www.biblioclub.ru
Периодические издания	