

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 08.08.2016 09:55:45  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра химии

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-  
проректор по учебной работе  
Е.А. Кудряшов  
«11» марта 2013 г.



### КОЛЛИГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ

Методические указания к самостоятельной работе  
по дисциплинам "Химия", "Общая и неорганическая химия"  
"Неорганическая химия" для студентов химического  
и нехимического профиля

Курск 2013

УДК 543

Составитель О.В. Бурыкина

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *В.С. Мальцева*

**Коллигативные свойства растворов:** методические указания к самостоятельной работе по дисциплинам "Химия", "Общая и неорганическая химия", "Неорганическая химия" / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.В. Бурыкина. Курск, 2013. 21 с.: табл. 1. Библиогр.: с.21.

Излагаются методические материалы по изучению темы "Коллигативные свойства растворов", включающие расчеты давления пара над раствором, осмотического давления, температур кристаллизации и кипения растворов неэлектролитов и электролитов.

Предназначены для студентов химического и нехимического профиля.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *И.В. В.* Формат 60х84 1/16. Усл. печ. л.  
Уч.-изд. 1,1 0 Уч.-изд. л. 1,0 Тираж 50 экз. Заказ Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**СОДЕРЖАНИЕ:**

Вопросы для самостоятельной подготовки.....	4
Введение.....	5
1. Давление насыщенного пара растворителя над раствором.....	6
2. Осмотическое давление.....	7
3. Температуры кипения и кристаллизации.....	8
4. Свойства разбавленных растворов электролитов.....	11
Индивидуальные задания.....	14
Библиографический список.....	21

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ:**

1. Что такое раствор?
2. Какие растворы называются идеальными?
3. Какие свойства растворов называются коллигативными? Что к ним относится?
4. Первый закон Рауля и его математическое выражение.
5. Что такое осмос и осмотическое давление?
6. Закон Вант-Гоффа и его математическое выражение.
7. Второй закон Рауля . Его математическое выражение.
8. Изотонический коэффициент, его связь со степенью диссоциации.
9. Первый и второй законы Рауля и закон Вант-Гоффа для растворов электролитов.

## ВВЕДЕНИЕ

**Раствором** называется гомогенная многокомпонентная система переменного состава.

Растворы – это продукт физического или химического взаимодействия растворителя и растворенного вещества, при котором растворенное вещество диспергирует до молекул или ионов.

В результате образования раствора изменениям подвергаются свойства не только растворенного вещества, но и самого растворителя. Свойства могут быть специфичными для каждой данной пары: растворитель – растворенное вещество. Эти свойства зависят от природы растворенного вещества и обусловлены в основном образованием сольватов, выражаются в изменении цвета, объема и т.д.

Общими являются свойства, которые зависят от концентрации растворенного вещества, и не зависят от его природы. Такие свойства называются **коллективными** или **коллигативными**.

Эти свойства характерны для идеальных растворов.

**Идеальными** называют растворы, в которых не происходят химические реакции между компонентами, а силы межмолекулярного взаимодействия между компонентами одинаковы.

Образование этих растворов не сопровождается тепловым эффектом ( $\Delta H=0$ ), и каждый компонент ведет себя независимо от других компонентов. К идеальным растворам по свойствам приближаются очень разбавленные растворы, т.е. с низкой концентрацией растворенного вещества.

К коллигативным свойствам относятся: изменение давления насыщенного пара растворителя над раствором, изменение осмотического давления, температур кипения и замерзания раствора по сравнению с растворителем.

## 1) Давление насыщенного пара растворителя над раствором.

Давление насыщенного пара растворителя над раствором определяет состояние равновесия между конденсированной и газообразной фазой:

### Жидкость $\Leftrightarrow$ Пар

Жидкость находится в равновесии со своим паром тогда, когда число молекул, испаряющихся с её поверхности, равно числу молекул, оседающих на ней из газообразной фазы.

Давление над чистым растворителем составляет  $p_0$ , а мольная доля растворителя  $N_1$  равна 1. При внесении нелетучего растворенного вещества часть поверхности раствора занята более или менее сольватированными молекулами этого вещества. Поэтому число молекул растворителя, испаряющихся с поверхности раствора за единицу времени, уменьшается, т.е.  $N_1 < 1$ . Это вызывает нарушение равновесия Жидкость  $\Leftrightarrow$  Пар, и согласно принципа Ле Шателье начинает идти процесс ослабления испарения, т.е. конденсация. Поэтому в растворе  $N_1 < 1$  давление насыщенного пара растворителя над раствором  $p_1$  меньше, чем  $p_0$ .

$$p_1 : p_0 = N : 1, \text{ отсюда } p_1 = p_0 \cdot N_1 = p_0 \cdot (1-n), (1)$$

где  $n$  – число молей растворенного вещества.

Изменение давления насыщенного пара растворителя над раствором по сравнению с чистым растворителем определяется как:

$$\Delta p = (p_0 - p_1) = p_0 \cdot n, (2)$$

или

$$\frac{\Delta p}{p_0} = N_2 = \frac{n}{n + N}, (3)$$

где  $n$  – число молей растворенного вещества, (моль)

$N$  – число молей растворителя, (моль)

$p_0$  – давление пара над чистым растворителем, (кПа или Па)

$\Delta p$  – понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором (кПа или Па)

Уравнение (3) является математическим выражением **первого закона идеальных газов Рауля**: *относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором равно мольной доле растворенного вещества в растворе*

или

давление насыщенного пара над раствором равно его давлению над чистым растворителем, умноженным на мольную долю растворителя:

$$p = p_0 \frac{N}{n + N}, \quad (4)$$

где  $p$  – давление пара над раствором, (кПа или Па)

$p_0$  – давление пара над чистым  
растворителем, (кПа или Па)

$N$  – число молей растворителя, (моль)

$n$  – число молей растворенного вещества (моль).

**Пример 1:** Вычислить давление пара раствора, содержащего 45 г глюкозы в 720 г воды при 25<sup>0</sup>С. Давление пара воды при 25<sup>0</sup>С составляет 3167 кПа.

**Решение:** По первому закону Рауля  $p = p_0 \frac{N}{n + N}$ ,

1) Найдем число молей растворителя  $N = m_{\text{H}_2\text{O}} / M_{\text{H}_2\text{O}} = 720 / 18 = 40$  моль.

2) Найдем число молей растворенного вещества:

$$N = m_{\text{глюкозы}} / M_{\text{глюкозы}} = 45 / 180 = 0,25 \text{ моль.}$$

$$3) \quad p = 3167 \cdot \frac{40}{40 + 0,25} = 3147,3 \text{ кПа}$$

**Ответ:** Давление пара раствора составляет 3147,3 кПа

## 2) Осмотическое давление.

Одним из явлений, связанных с изменением концентрации свободных молекул растворителя, является осмос.

**Осмос** – диффузия молекул растворителя из растворов через полупроницаемую перегородку, разделяющую раствор и чистый растворитель, или два раствора различной концентрации. Этот процесс двусторонний.

Давление, которое надо приложить к раствору, чтобы скорости обоих процессов стали равными называется **осмотическим давлением**.

К осмотическому давлению приложены все газовые законы:

1) Осмотическое давление разбавленного раствора прямопропорционально концентрации раствора и обратно-

пропорционально его объёму, т.е. применен закон **Бойля – Мариотта**.

2) Осмотическое давление раствора прямопропорционально его абсолютной температуре (закон **Гей Люссака**).

3) При одинаковых концентрациях и температурах растворы с равными осмотическими давлениями называются изотоническими (закон **Авагадро**) и т.д.

Наибольшая аналогия выражена в законе **Вант-Гоффа**:

*Осмотическое давление разбавленного раствора численно равно тому давлению, которое производило бы данное количество вещества, занимая в виде газа при данной температуре объём, равный объёму раствора.*

$$P_{осм} = C_m \cdot R \cdot T \text{ (5)},$$

где  $p_{осм}$  – осмотическое давление, (кПа или Па)

$C_m$  – молярная концентрация, (моль/л)

$R$  – универсальная газовая постоянная, (Дж/моль К)

$T$  – температура (К).

или

$$p_{осм} V = n \cdot R \cdot T \text{ (6)},$$

где  $p_{осм}$  – осмотическое давление, (кПа или Па)

$V$  – объём газа, (л)

$n$  – число молей растворенного вещества, (моль)

$R$  – универсальная газовая постоянная, (Дж/моль К),

$T$  – температура (К).

**Пример 2:** Вычислить осмотическое давление при 22<sup>0</sup>С раствора, в 1,2 л которого содержится 20,5 г сахара  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ( $M = 342$  г/моль).

**Решение:** По закону Вант-Гоффа:  $p_{осм} = R T C_m$

1) Найдем молярную концентрацию раствора:

$$C_m = m_{р.в.} \cdot 1000 / M_{р.в.} \cdot V$$

$$C_m = 20,5 \cdot 1000 / 342 \cdot 1200 = 122,5 \text{ кПа}$$

2)  $p_{осм} = 0,05 \cdot 8,314 \cdot 295 = 122,5 \text{ кПа}$

**ОТВЕТ:** осмотическое давление составляет 122,5 кПа.

### 3) Температуры кипения и кристаллизации

Понижение давления пара приводит к тому, что растворы кипят и замерзают при температурах, отличающихся от соответ-



вующих температур чистого растворителя. Известно, что жидкость кипит или кристаллизуется, когда давление её насыщенного пара становится равным внешнему давлению или давлению насыщенного пара над твердой фазой, в которую она переходит.

Раствор (вследствие уменьшения давления пара) труднее достигает температуры кипения или кристаллизации. Температурный интервал, в котором раствор существует в жидкой фазе, шире, чем у чистого растворителя.

Растворы кипят при более высокой и замерзают при более низкой температурах, чем чистые растворители.

Эту закономерность заметил Рауль: *повышение температуры кипения или уменьшение температуры кристаллизации раствора прямопропорционально моляльной концентрации растворенного вещества.*

$$\Delta t_{\text{кип}} = E \cdot C_m \quad (7),$$

где  $E$  - эбуллиоскопическая константа

$$E = R \cdot T_{l \text{ кип}}^2 / 1000 \cdot \Delta H_{l \text{ кип}} \quad (8)$$

$C_m$  – моляльная концентрация растворенного вещества (моль/кг)

$$C_m = m_{\text{раств. вещества}} \cdot 1000 / M_{\text{раств. вещества}} \cdot m_{\text{растворителя}} \quad (9)$$

$$\Delta t_{\text{крист.}} = K \cdot C_m \quad (10),$$

где  $K$  – криоскопическая константа;

$$K = R \cdot T_{l \text{ крист}}^2 / 1000 \cdot \Delta H_{l \text{ крист}} \quad (11)$$

$C_m$  – моляльная концентрация растворенного вещества (моль/кг)

Видно, что  $\Delta t_{\text{кип}}$  и  $\Delta t_{\text{крист.}}$  зависят только от числа молей растворенного вещества. Каждый моль содержит  $6 \cdot 10^{23}$  молекул, следовательно температуры кипения и кристаллизации зависят только от числа частиц растворенного вещества.

**Второй закон Рауля:** *Повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания раствора пропорциональны числу частиц растворенного вещества и не зависят от его природы.*

Таблица 1

Эбуллиоскопическая и криоскопическая константы растворителя

Растворитель	К	Е
Вода	1,86	0,52
Бензол	5,1	2,57
Этиловый спирт	-	1,16
Диэтиловый эфир	1,73	2,02

Зная К или Е растворителя можно высчитать  $\Delta t_{\text{кип}}$  и  $\Delta t_{\text{крист}}$ , моляльную концентрацию раствора, массу растворенного вещества, его молярную массу, массу растворителя.

**Пример 3:** Вычислить температуру кипения и температуру кристаллизации 4,6%-ного раствора глицерина в воде, молекулярная масса глицерина равна 92 г/моль.

**Решение:**

$$\Delta t_{\text{кип}} = E \cdot C_m = E \cdot m_{\text{раств. вещества}} \cdot 1000 / M_{\text{раств. вещества}} \cdot m_{\text{растворителя}}$$

1) Раствор содержит 4,6 г глицерина в 95,4 г воды

$$2) \Delta t_{\text{кип}} = 0,52 \cdot 4,6 \cdot 1000 / 92 \cdot 95,4 = 0,27^{\circ}\text{C}$$

$$3) \Delta t_{\text{крист.}} = K \cdot C_m = K \cdot m_{\text{раств. вещ.}} \cdot 1000 / M_{\text{раств. вещ.}} \cdot m_{\text{растворителя}}$$

$$\Delta t_{\text{крист.}} = 1,86 \cdot 4,6 \cdot 1000 / 92 \cdot 95,4 = 0,975^{\circ}\text{C}.$$

$$4) t_{\text{кип р-ра}} = t_{\text{кип р-ля}} + \Delta t_{\text{кип}} = 100 + 0,27 = 100,27^{\circ}\text{C}$$

$$5) t_{\text{крист. р-ра}} = t_{\text{крист. р-ля}} + \Delta t_{\text{крист}} = 0 - 0,975 = -0,975^{\circ}\text{C}$$

**ОТВЕТ:**  $t_{\text{кип}} = 100,27^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{крист.}} = -0,975^{\circ}\text{C}$ .

Рассмотренные выше свойства зависят от молекулярной массы растворенного вещества, и поэтому используются в лабораторной практике для определения молекулярной массы растворенного вещества. Это криоскопический и эбуллиоскопический методы. Наиболее удобен криоскопический метод. Согласно этого метода:

$$M = K \cdot m_2 \cdot 1000 / \Delta t_{\text{крист}} \cdot m_1 \quad (12),$$

где  $M$  – молярная масса растворенного вещества, (г/моль)

$K$  – криоскопическая константа растворителя,

$m_1$  – масса растворителя, (г)

$m_2$  – масса растворенного вещества, (г)

$\Delta t_{\text{крист}}$  – изменение температуры кристаллизации раствора ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**Пример 4:** Раствор, содержащий 8 г некоторого вещества в 100 г диэтилового эфира, кипит при  $36,86^{\circ}\text{C}$ , тогда как чистый

эфир кипит при  $35,6^{\circ}\text{C}$ . Определите молекулярную массу растворенного вещества.

**Решение:**

1)  $\Delta t_{\text{кип}} = t_{\text{кип р-ра}} - t_{\text{кип р-ля}} = 36,86 - 35,6 = 1,26^{\circ}\text{C}$ .

3) Используя формулу (12) найдем молярную массу растворенного вещества:  $M = 2,02 \cdot 8 \cdot 1000 / 1,26 \cdot 100 = 128,2$  г/моль.

**4) Свойства разбавленных растворов электролитов.**

Растворы электролитов обладают такими же свойствами, что и растворы неэлектролитов. Однако, в растворе электролита доля связанного растворителя выше, чем в растворе неэлектролита той же концентрации, а так же реальное число молей растворенных частиц больше числа молей его молекул, вследствие их диссоциации. Поэтому различия между свойствами чистого растворителя и раствора электролита выражены сильнее. Следовательно, в случае растворов электролита необходимо это учитывать.

Вследствие этого, в формулы расчета осмотического давления, давления насыщенного пара, изменения температур кристаллизации и кипения вводится поправочный коэффициент  $i$ , который называют изотоническим коэффициентом или коэффициентом Вант -Гоффа. Этот коэффициент учитывает увеличение числа частиц из-за диссоциации:  $i = 1 + \alpha \cdot (k-1)$  (13) или  $\alpha = (i-1)/(k-1)$  (14),

где  $\alpha$  - степень диссоциации,

$k$  - число ионов, на которые распадается при диссоциации молекула электролита.

Например,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightleftharpoons 2\text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$ , всего 5 частиц (2 частицы  $\text{Al}^{3+}$  и 3 частицы  $\text{SO}_4^{2-}$ ).

С учетом изотонического коэффициента законы Рауля (формулы 4, 7,10) и Вант – Гоффа (формула 5) приобретают вид:

$$\Delta p = p_0 \frac{in_2}{n_1 + in_2} \quad (15),$$

где  $p_0$  – давление насыщенного пара над чистым растворителем, (кПа или Па)

$n_2$  – количество растворенного вещества, (моль)

$n_1$  – количество вещества растворителя, (моль)

$i$  – изотонический коэффициент.

$$p_{\text{осм.}} = R \cdot T \cdot C_m \cdot i \quad (16),$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная, (Дж/моль К)

$T$  – температура (К),

$C_m$  – молярная концентрация растворенного вещества, (моль/л)

$i$  – изотонический коэффициент.

$$\Delta t_{\text{крист}} = i \cdot K \cdot C_m \quad (17),$$

где  $C_m$  – моляльная концентрация растворенного вещества, (моль/кг)

$K$  – криоскопическая константа растворителя,

$i$  – изотонический коэффициент.

$$\Delta t_{\text{кип}} = i \cdot E \cdot C_m \quad (18),$$

где  $C_m$  – моляльная концентрация растворенного вещества, (моль/кг)

$E$  – эбуллиоскопическая константа растворителя,

$i$  – изотонический коэффициент.

Зная осмотическое давление или температуру кристаллизации и т.д. всегда можно вычислить степень диссоциации вещества в растворе. При этом для сильных электролитов это "кажущаяся" степень диссоциации, поскольку в растворах сильные электролиты диссоциированы практически нацело.

**Пример 5:** Кажущаяся степень диссоциации соли в 3,2%-ном водном растворе KCl составляет 0,68. Вычислить температуру кипения раствора.

**Решение:** Данная смесь – раствор электролита.

Для него  $\Delta t_{\text{кип}} = i E C_m$ .

$$i = 1 + \alpha \cdot (k-1)$$

Данная соль диссоциирует на две частицы:  $\text{KCl} \rightleftharpoons \text{K}^+ + \text{Cl}^-$ , следовательно,  $K = 2$ .

$$i = 1 + 0,68 \cdot (2-1) = 1,68.$$

Найдем моляльную концентрацию по формуле (9):

$$C_m = m_{\text{раств. вещества}} \cdot 1000 / M_{\text{раств. вещества}} \cdot m_{\text{растворителя}}.$$

В 100 г 3,2%-ного раствора KCl содержится 3,2 г KCl и 96,8 г воды.  $M_{\text{KCl}} = 39 + 35,5 = 74,5$  г/моль.

$$C_m = 3,2 \cdot 1000 / 74,5 \cdot 96,8 = 0,44 \text{ моль/кг.}$$

Найдем повышение температуры кипения раствора,  $E(\text{H}_2\text{O}) = 0,52$ .

$$\Delta t_{\text{кип}} = i \cdot E \cdot C_m = 1,68 \cdot 0,52 \cdot 0,44 = 0,38^\circ\text{C}.$$

Найдем температуру кипения раствора,  $t_{\text{кип}}(\text{H}_2\text{O}) = 100^\circ\text{C}$

$$t_{\text{кип. р-ра}} = t_{\text{кип. р-ля}} + \Delta t_{\text{кип}} = 100 + 0,38 = 100,38^{\circ}\text{C}.$$

**ОТВЕТ:** температура кипения раствора  $100,38^{\circ}\text{C}$ .

**Пример 6:** Давление пара раствора, приготовленного из 0,408 молей  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и 1000 г воды, равно 99,56 кПа при  $100^{\circ}\text{C}$ . При какой температуре давление пара достигнет 101,3 кПа и раствор закипит?

**Решение:** 1) Для раствора электролита  $\Delta p = p_0 \frac{in_2}{n_1 + in_2}$ .

Найдем изотонический коэффициент:  $\Delta p = p_{\text{р-ля}} - p_{\text{р-ра}}$ .

При  $100^{\circ}\text{C}$   $\Delta p = 101,3 - 99,56 = 1,74$  кПа.

$$1,74 = 101,3 \frac{0,408 \cdot i}{0,408 \cdot i + 1000 \div 18}; i = 2,384.$$

2) Найдем повышение температуры кипения раствора, для воды  $E = 0,52$ :  $\Delta t_{\text{кип}} = i \cdot E \cdot C_m$

Т. к. в 1 кг воды растворено 0,408 моля  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , то моляльная концентрация раствора равна 0,408 моль/кг.

$$\Delta t_{\text{кип}} = 2,384 \cdot 0,52 \cdot 0,408 = 0,506^{\circ}\text{C}.$$

3) Найдем температуру кипения раствора,  $t_{\text{кип}}(\text{H}_2\text{O}) = 100^{\circ}\text{C}$ :

$$t_{\text{кип. р-ра}} = t_{\text{кип. р-ля}} + \Delta t_{\text{кип}} = 100 + 0,506 = 100,56^{\circ}\text{C}.$$

**ОТВЕТ:** раствор закипит при  $100,56^{\circ}\text{C}$ .

**Пример 7:** Раствор, содержащий 0,85 г хлорида цинка в 125 г воды, кристаллизуется при  $-0,23^{\circ}\text{C}$ . Определить кажущуюся степень диссоциации  $\text{ZnCl}_2$ .

**Решение:** 1) Найдем моляльную концентрацию раствора хлорида цинка,  $M(\text{ZnCl}_2) = 136,3$  г/моль:

$$C_m = m_{\text{раств. вещ}} / M_{\text{раств. вещ}} \cdot m_{\text{р-ля}} = 0,85 \cdot 1000 / (136,3 \cdot 125) = 0,05 \text{ кг/моль}$$

2) Найдем изменение температуры замерзания раствора  $t_{\text{крист}}(\text{H}_2\text{O}) - 0^{\circ}\text{C}$ :  $\Delta t_{\text{крист.}} = t_{\text{крист. р-ля}} - t_{\text{крист. р-ра}} = 0 - (-0,23) = 0,23^{\circ}\text{C}$ .

3) Найдем изотонический коэффициент:

$$i = \Delta t_{\text{крист.}} / C_m \cdot K = 0,23 / 0,05 \cdot 1,86 = 2,47$$

4) Найдем кажущуюся степень диссоциации соли по уравнению:  $\alpha = (i - 1) / (k - 1)$ .

Электролит диссоциирует  $\text{ZnCl}_2 \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^-$  на 3 частицы (один ион  $\text{Zn}^{2+}$  и два иона  $\text{Cl}^-$ ), следовательно  $k = 3$ , тогда:

$$\alpha = (2,47 - 1) / (3 - 1) = 0,735.$$

**Ответ:** Кажущаяся степень диссоциации хлорида цинка в данном растворе составляет 0,735.

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ.****Вариант 1.**

1. Вычислить осмотическое давление 25%-ного раствора сахара при  $15^{\circ}\text{C}$  ( $\rho = 1,105 \text{ г/см}^3$ ).
2. Сколько граммов глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  следует растворить в 260 г воды для получения раствора, температура кипения которого превышает температуру кипения чистого растворителя на  $0,05^{\circ}\text{C}$ ?
3. Давление пара раствора, содержащего 16,72 г  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  в 250 г воды, составляет 1903 Па. Вычислить кажущуюся степень диссоциации соли, если известно, что давление пара воды при той же температуре составляет 1937 Па.

**Вариант 2**

1. Давление пара воды при  $25^{\circ}\text{C}$  составляет 3167 Па. Вычислить для той же температуры давление пара раствора, в 450 г которого содержится 90 г глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .
2. Температура кипения эфира  $34,6^{\circ}\text{C}$ , а его эбуллиоскопическая константа  $2,16^{\circ}\text{C}$ . Вычислить молекулярную массу бензойной кислоты, если известно, что 5%-ный раствор этой кислоты в эфире кипит при  $35,53^{\circ}\text{C}$ .
3. Осмотическое давление 1 н. раствора  $\text{KCl}$  при  $0^{\circ}\text{C}$  равно 44 атм. Вычислить кажущуюся степень диссоциации  $\text{KCl}$  в растворе.

**Вариант 3**

1. К 100 мл 0,5 М водного раствора сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  добавлено 300 мл воды. Чему равно осмотическое давление полученного раствора при  $25^{\circ}\text{C}$ ?
2. В радиатор автомобиля налили 9 л воды и прибавили 2 л метилового спирта ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ( $\rho = 0,8 \text{ г/мл}$ ). При какой наиминимальшей температуре можно после этого оставить автомобиль на открытом воздухе, не опасаясь, что вода в радиаторе замерзнет?
3. При  $100^{\circ}\text{C}$  давление пара раствора, содержащего 0,05 моля сульфата натрия в 450 г воды, равно 100,8 кПа. Определить кажущуюся степень диссоциации.

**Вариант 4**

1. При  $20^{\circ}\text{C}$  смешивают 1 л раствора неэлектролита, осмотическое давление которого 243,4 кПа, с 3 литрами раствора неэлектролита, осмотическое давление которого 486,8 кПа. Найти осмотическое давление смешанного раствора.

2. В 60 г бензола растворено 2,09 г некоторого вещества, элементарный состав [в %(масс)] которого С-50,69, Н-4,23 и О-45,08. Раствор кристаллизуется при  $4,25^{\circ}\text{C}$ . Установить молекулярную формулу вещества. Чистый бензол кристаллизуется при  $5,5^{\circ}\text{C}$ .

3. Вычислить давление пара 10%-ного раствора  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  при  $28^{\circ}\text{C}$ . Давление пара воды при той же температуре составляет 3779 Па. Кажущаяся степень диссоциации соли 0,575.

**Вариант 5**

1. Раствор, 1 мл которого содержит 0,0405 г некоторого растворенного вещества, изотоничен с 0,0225 М раствором сахара  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ . Вычислить молекулярную массу растворенного вещества.

2. При растворении 3,24 г серы в 40 г бензола температура кипения последнего повысилась на 0,81 К. Из скольких атомов состоит молекула серы в растворе?

3. Давление пара 4 %- ного раствора КСl и давление воды при той же температуре составляют соответственно 2297 и 2338 Па. Вычислить осмотическое давление раствора при  $20^{\circ}\text{C}$ , если плотность его равна 1,026 г/мл.

**Вариант 6.**

1. Давление пара воды при  $20^{\circ}\text{C}$  составляет 2338 Па. Сколько граммов сахара следует растворить в 720 г воды для получения раствора, давление пара которого на 18,7 Па меньше давления пара воды? Вычислить процентное содержание сахара в воде.

2. Вычислить температуру кристаллизации водного раствора мочевины  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , в котором на 100 молей воды приходится 1 моль растворенного вещества.

3. При  $0^{\circ}\text{C}$  осмотическое давление 0,1 н. раствора карбоната калия равно 272,6 кПа. Определить кажущуюся степень диссоциации карбоната калия в растворе.

#### **Вариант 7**

1. Сколько граммов глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  должно содержаться в 0,5 л раствора, чтобы его осмотическое давление (при той же температуре) было таким же как раствора, в 1 л которого содержится 9,2 г глицерина  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ?

2. В 200 г воды растворено 1) 31 г карбамида  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , 2) 90 г глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Будут ли температуры кипения этих растворов одинаковы? Вывод подтвердите расчетом температур кипения этих растворов.

3. Вычислить молярность раствора неэлектролита, изотоничного 0,05 н. раствору  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Кажущаяся степень диссоциации соли равна 0,72.

#### **Вариант 8**

1. Давление пара воды при  $10^{\circ}\text{C}$  составляет 1228 Па. В каком количестве воды следует растворить 23 г глицерина  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  для получения раствора, давление пара которого составляет 1200 Па при той же температуре?

2. Как соотносятся температуры кристаллизации 0,1 %-ных растворов глюкозы ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) и сахара ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )? Вывод подтвердите расчетом температур кристаллизаций данных растворов.

3. Раствор  $\text{KIO}_3$ , в 500 мл которого содержится 5,35 г соли оказывает при  $17,5^{\circ}\text{C}$  осмотическое давление, равное 221 кПа. Вычислить коэффициент  $i$  и кажущуюся степень диссоциации соли в растворе.

#### **Вариант 9.**

1. Осмотическое давление водного раствора глицерина  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  составляет при  $0^{\circ}\text{C}$  567,3 кПа. Приняв плотность раствора равной единице, вычислить давление пара раствора при  $0^{\circ}\text{C}$ , если давление пара воды при той же температуре составляет 610,5 кПа.

2. При какой температуре кристаллизуется водный раствор, содержащий  $3 \cdot 10^{23}$  молекул неэлектролита в 1 литре воды?



3. В каком объёме раствора должен быть раствор 1 моль сахара, чтобы раствор был изотоничен с 0,1 н. раствором  $\text{LiCl}$ , кажущаяся степень диссоциации которого в растворе равна 0,9?

### **Вариант 10.**

1. Вычислить процентное содержание глюкозы в водном растворе, если понижение давления пара составляет 2,5 % от давления чистого растворителя. Найти соотношение между числом молей растворенного вещества и растворителя.

2. Раствор сахара в воде показывает повышение температуры кипения на  $0,312^\circ\text{C}$ . Вычислить величину понижения температуры кристаллизации этого раствора.

3. Вычислить осмотическое давление при  $18,5^\circ\text{C}$  раствора в 5 л которого содержится 62,4 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ . Кажущаяся степень диссоциации соли в растворе 0,38.

### **Вариант 11**

1. При  $0^\circ\text{C}$  давление эфира  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$  составляет 2465 Па. Найти для этой же температуры давление пара 5%-ного раствора анилина  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  в эфире.

2. Давление пара водного раствора глицерина составляет 98% от давления воды при той же температуре. Вычислить %-ное содержание глицерина в растворе и температуру кристаллизации.

3. Раствор содержит 3,38% нитрата кальция, кажущаяся степень диссоциации которого составляет 0,65. Вычислите осмотическое давление при  $0^\circ\text{C}$ , приняв плотность раствора равной 1,01 г/мл.

### **Вариант 12**

1. При  $0^\circ\text{C}$  давление эфира  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$  составляет 2465 Па. Найти давление пара 2М раствора бензойной кислоты  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  в эфире, плотность принять равной единице.

2. Водно-спиртовой раствор, содержащий 15% спирта ( $\rho=0,97$  г/мл), кристаллизуется при  $-10,26^\circ\text{C}$ . Найти молярную массу спирта и осмотическое давление при 293К.

3. В равных количествах воды растворено в одном случае 0,5 моля сахара, а в другом – 0,2 моля  $\text{CaCl}_2$ . Темпера-

туры кристаллизации обоих растворов одинаковы. Определить кажущуюся степень диссоциации соли в растворе.

### **Вариант 13.**

1. Осмотическое давление некоторого раствора при  $-3^{\circ}\text{C}$  составляет 2735 кПа. При какой температуре осмотическое давление достигнет 3040 кПа?

2. Вычислить %-ное содержание сахара  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  в водном растворе, температура кристаллизации которого равна  $-0,41^{\circ}\text{C}$ .

3. Кажущаяся степень диссоциации  $\text{HCl}$  в растворе, содержащем 7,3 г  $\text{HCl}$  в 200 г воды, равна 78%. Вычислить температуру кипения раствора.

### **Вариант 14**

1. Сколько молекул растворенного вещества содержится в 1 мл раствора, осмотическое давление которого при  $54^{\circ}\text{C}$  составляет 6065 кПа?

2. Сколько граммов карбамида  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  надо растворить в 250 г воды, чтобы повысить температуру кипения на  $2^{\circ}\text{C}$ ?

3. Кажущаяся степень диссоциации  $\text{MgCl}_2$  в растворе, содержащем 0,25 моль  $\text{MgCl}_2$  в 1000 г воды равна 0,84. Во сколько раз понижение температуры кристаллизации этого раствора меньше понижения температуры кристаллизации 1 моляльного раствора неэлектролита?

### **Вариант 15.**

1. При какой температуре осмотическое давление раствора, содержащего в 1 л 45 г глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , достигнет 697,8 кПа?

2. Раствор, содержащий 17,6 г вещества в 250 г уксусной кислоты кипит на  $1^{\circ}\text{C}$  выше, чем чистая уксусная кислота. Вычислите молекулярный вес растворенного вещества. Эбуллиоскопическая константа уксусной кислоты  $2,53^{\circ}\text{C}$ .

3. Кажущаяся степень диссоциации  $\text{KCl}$  в 0,1 н. растворе равна 0,8. Чему равно осмотическое давление этого раствора при  $17^{\circ}\text{C}$ ?

**Вариант 16.**

1. Сколько граммов сахара  $C_{12}H_{22}O_{11}$  содержится в 250 мл раствора, осмотическое давление которого при  $7^{\circ}C$  составляет 283,6 кПа? В каком количестве миллилитров раствора содержится 1 моль сахара?
2. Сколько граммов сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  надо растворить в 100 г воды, чтобы понизить температуру кристаллизации на  $1^{\circ}C$ ?
3. Кажущаяся степень диссоциации  $HBr$  в 0,05н растворе равна 0,889. Вычислить осмотическое давление раствора при  $20^{\circ}C$ .

**Вариант 17.**

1. В 1 мл раствора содержится  $10^{18}$  молекул растворенного неэлектролита. Вычислить осмотическое давление раствора при 298К.
2. Температура кипения разбавленного раствора сахара  $C_{12}H_{22}O_{11}$   $100,065^{\circ}C$ . Вычислить давление пара раствора при  $100^{\circ}C$ , если давление насыщенного пара над водой при  $100^{\circ}C$  равно 101,3кПа. Плотность принять равной единице.
3. Раствор содержащий 2,1 г  $KOH$  в 250 г воды замерзает при  $-0,519^{\circ}C$ . Найти для этого раствора изотонический коэффициент и кажущуюся степень диссоциации.

**Вариант 18.**

1. Осмотическое давление раствора, в 250 мл которого содержится 0,66 г мочевины, равно 111,1 кПа при  $33^{\circ}C$ . Вычислите молекулярную массу мочевины.
2. Раствор сахара  $C_{12}H_{22}O_{11}$  оказывает при  $27^{\circ}C$  осмотическое давление 156 кПа. Принимая плотность раствора равной единице, вычислите температуру его кристаллизации.
3. Кажущаяся степень диссоциации  $KCl$  в растворе, содержащем 0,02 моль в 10 л воды, равна 0,969. Вычислите в мм. рт. ст. осмотическое давление раствора.

**Вариант 19.**

1. Сколько граммов глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  содержится в 200 мл раствора, осмотическое давление которого при  $37^{\circ}C$  составляет 810,4 кПа?

2. Вычислить температуру кипения 5%-ного раствора сахара  $C_{12}H_{22}O_{11}$  в воде.

3. Раствор, содержащий 0,636 г карбоната натрия в 120 г воды, замерзает при  $-0,225^{\circ}C$ . Вычислить кажущуюся степень диссоциации карбоната натрия в растворе.

### **Вариант 20.**

1. При  $25^{\circ}C$  осмотическое давление некоторого водного раствора равно 1,24 МПа. Вычислить осмотическое давление раствора при  $0^{\circ}C$ .

2. При растворении 0,4 г некоторого вещества в 10 г воды температура кристаллизации раствора понижается на  $1,24^{\circ}C$ . Вычислить молекулярную массу вещества.

3. Осмотическое давление при  $0^{\circ}C$  раствора, содержащего 0,05 г нитрата калия в 100 мл раствора, равно 166,6 мм. рт. ст. Вычислить кажущуюся степень диссоциации нитрата калия в растворе.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Глинка Н.Л. Общая химия. – 23-е издание, испр. (Под ред. В.А. Рябиновича.) – Л.: Химия, 1983.
2. Основы общей химии. В 3-х томах. – М.: Химия, 1965.
3. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. Л.: Химия, 1984.
4. Новиков Г.И. Основы общей химии. М.: Высшая школа, 1988.
5. Общая химия. Под ред. Соколовской Е.М. М.: МГУ, 1980.
6. Павлов Н.Н. Неорганическая химия: Учебник для технологических специальностей вузов. -М.: Высшая школа 1986.- 336с.
7. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1981.
8. Гольбрайх З.Е. Сборник задач и упражнений по химии. М.: Высшая школа, 1984.





