

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

Кафедра химии



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. 21с.: 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 . Формат 60x84 1/16. Усл.печ.л.
Уч.-изд. 1,1 0 Уч.-изд. л. 1,0 Тираж 50 экз. Заказ Бесплат-
но.

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 .

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

где n – число молей растворенного вещества.

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

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

или

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

где n – число молей растворенного вещества, (моль)

N – число молей растворителя, (моль)

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

Δp – 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°C. Давление пара воды при 25°C 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.

Оsmos – 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 пропорционально концентрации раствора и обратно-

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

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

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 объему раствора.

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

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

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

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

V – объем 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°C раствора, в 1,2 л которого содержится 20,5 г сахара $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ($M = 342$ г/моль).

Решение: По закону Вант-Гоффа: $p_{осм} = RT$

1) Найдем молярную концентрацию раствора:

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

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

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

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 соответст-

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 прямо пропорционально молярной концентрации растворенного вещества.*

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

где E - эбуллиоскопическая константа

$$E = R \cdot T_{1 \text{ кип}}^2 / 1000 \cdot \Delta H_{1 \text{ кип}} \quad (8)$$

C_m – молярная концентрация растворенного вещества (моль/кг)

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

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

где K – криоскопическая константа;

$$K = R \cdot T_{1 \text{ крист}}^2 / 1000 \cdot \Delta H_1 \text{ крист} \quad (11)$$

C_m – молярная 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	K	E
Вода	1,86	0,52
Бензол	5,1	2,57
Этиловый спирт	-	1,16
Диэтиловый эфир	1,73	2,02

Зная K или E растворителя можно высчитать $\Delta t_{\text{кип}}$ и $\Delta t_{\text{крист}}$, молярную 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 α - 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 Al^{3+} и 3 частицы 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 – молярная 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 – молярная концентрация растворенного вещества, (моль/кг)

E – эбулиоскопическая 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 КС1 составляет 0,68. Вычислить температуру кипения раствора.

Решение: Данная смесь – раствор электролита.

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

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

Данная соль диссоциирует на две частицы: $\text{KC1} \Leftrightarrow \text{K}^+ + \text{Cl}^-$, следовательно, $K = 2$.

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

Найдем молярную концентрацию по формуле (9):

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

В 100 г 3,2%-ного раствора КС1 содержится 3,2 г КС1 и 96,8 г воды. $M_{\text{KC1}} = 39 + 35,5 = 74,5$ 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 $99,56 \text{ кПа}$ при 100°C . При какой температуре давление пара достигнет $101,3 \text{ кПа}$ и раствор закипит?

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

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

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

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

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, $t_{\text{кип}}(\text{H}_2\text{O}) = 100^{\circ}\text{C}$:

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

ОТВЕТ: раствор закипит при $100,506^{\circ}\text{C}$.

Пример 7: Раствор, содержащий 0,85 г хлорида цинка в 125 г воды, кристаллизуется при $-0,23^{\circ}\text{C}$. Определить кажущуюся степень диссоциации ZnCl_2 .

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

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

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 Zn^{2+} и два иона 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°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°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 эбулиоскопическая 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 KCl при 0°C равно 44 атм. Вычислить кажущуюся степень диссоциации 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°C ?

2. В радиатор автомобиля налили 9 л воды и прибавили 2 л метилового спирта (CH_3OH) ($\rho = 0,8 \text{ г/мл}$). При какой наименьшей температуре можно после этого оставить автомобиль на открытом воздухе, не опасаясь, что вода в радиаторе замерзнет?

3. При 100°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°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°C . Давление пара воды при той же температуре составляет 3779 Па. Кажущаяся степень диссоциации сошли 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 KCl и давление воды при той же температуре составляют соответственно 2297 и 2338 Па. Вычислить осмотическое давление раствора при 20°C , если плотность его равна 1,026 г/мл.

Вариант 6.

1. Давление пара воды при 20°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°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°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 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°C 567,3 кПа. Приняв плотность раствора равной единице, вычислить давление пара раствора при 0°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 растворе 1 моль сахара, чтобы раствор был изотоничен с 0,1 н. раствором 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 содержит 62,4 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$. Каждая степень диссоциации соли в растворе 0,38.

Вариант 11

1. При 0°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, каждая степень диссоциации которого составляет 0,65. Вычислите осмотическое давление при 0°C , приняв плотность раствора равной 1,01 г/мл.

Вариант 12

1. При 0°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 CaCl_2 . Темпера-

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

Вариант 13.

1. Оsmотическое давление некоторого раствора при -3°C составляет 2735 кПа. При какой температуре osмотическое 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 HCl в растворе, содержащем 7,3 г 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°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°C ?

3. Кажущаяся степень диссоциации MgCl_2 в растворе, содержащем 0,25 моль MgCl_2 в 1000 г воды равна 0,84. Во сколько раз понижение температуры кристаллизации этого раствора меньше понижения температуры кристаллизации 1 молярного 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°C выше, чем чистая уксусная кислота. Вычислите молекулярный вес растворенного вещества. Эбулиоскопическая константа уксусной кислоты $2,53^{\circ}\text{C}$.

3. Кажущаяся степень диссоциации KCl в 0,1 н. растворе равна 0,8. Чему равно осмотическое давление этого раствора при 17°C ?

Вариант 16.

1. Сколько граммов сахара $C_{12}H_{22}O_{11}$ содержится в 250 мл раствора, осмотическое давление которого при 7^0C 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 1^0C ?

3. Кажущаяся степень диссоциации HBr в 0,05н растворе равна 0,889. Вычислить осмотическое давление раствора при 20^0C .

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 $C_{12}H_{22}O_{11}$ $100,065^0C$. Вычислить давление пара раствора при 100^0C , если давление насыщенного пара над водой при 100^0C равно 101,3кПа. Плотность принять равной единице.

3. Раствор содержащий 2,1 г KOH в 250 г воды замерзает при $-0,519^0C$. 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 33^0C . Вычислите молекулярную массу мочевины.

2. Раствор сахара $C_{12}H_{22}O_{11}$ оказывает при 27^0C 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 37^0C 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 $-0,225^0C$. Вычислить кажущуюся степень диссоциации карбоната натрия в растворе.

Вариант 20.

1. При 25^0C осмотическое давление некоторого водного раствора равно 1,24 МПа. Вычислить осмотическое давление раствора при 0^0C .

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

3. Осмотическое давление при 0^0C 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.

