

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 18.05.2026 09:35:37

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

«10» 02

2025 г.



КОЛЛИГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ

Методические указания для самостоятельной работы студентов
технических (нехимических) направлений подготовки

Курс - 2025

УДК 543

Составитель И.В. Савенкова, В.Г. Бородина, Е.А. Фатьянова

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *Т.Ю. Валюкевич*

Коллигативные свойства растворов: Методические указания для самостоятельной работы студентов технических (нехимических) направлений подготовки / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.В. Савенкова, В.Г. Бородина, Е.А. Фатьянова. - Курск, 2025. – 21с. – Библиогр.: с. 21.

Предлагаются методические материалы для изучения темы «Коллигативные свойства растворов», предназначены для самостоятельной работы студентов. Включают теоретический материал, вопросы для самоподготовки, индивидуальные задания.

Предназначены для студентов технических (нехимических) направлений подготовки (специальностей).

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 10.02.25 . Формат 60*84 1/16.

Усл.печ.л. 1,2 . Уч.-изд. л. 1,1 . Тираж 100 экз. Заказ 122. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Понятие коллигативных свойств.	
Тонетрический закон Рауля	5
Эбуллиоскопический и криоскопический законы Рауля	7
Осмотическое давление	9
Свойства разбавленных растворов электролитов	10
Вопросы для самоподготовки	13
Индивидуальные задания	14
Список рекомендуемой литературы	21

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для самостоятельного изучения материала по теме «Коллигативные свойства растворов» студентами технических (нехимических) направлений подготовки.

Методические указания содержат сжато изложенный теоретический материал по теме методических указаний, разобранные примеры задач, вопросы для самоподготовки, рекомендуемую литературу.

Примеры, позволяют рассмотреть алгоритмы расчетов по теме указаний, а студентам полноценно освоить материал темы.

В методических указаниях приводятся задания, рекомендуемые для самостоятельного выполнения после изучения теоретического материала по теме. Выполнение заданий позволит закрепить изученный материал.

Цель методических указаний – помочь в освоении материала по общим свойствам растворов, законов Рауля, расчетов осмотического давления.

При работе с методическими указаниями студент должен разобрать теоретический материал, формулами для количественных расчетов, посмотреть, как они адаптируются для решения конкретных заданий.

ПОНЯТИЕ КОЛЛИГАТИВНЫХ СВОЙСТВ. ТОНОМЕТРИЧЕСКИЙ ЗАКОН РАУЛЯ

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, объёма 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.

Давление насыщенного пара растворителя над раствором определяет состояние равновесия между конденсированной и газовой 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 принципу 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 – количество растворенного вещества, моль, N – количество 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 **тонометрического закона Рауля**: относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором равно мольной доле растворенного вещества в растворе.

Другая формулировка: 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 n – количество растворенного вещества, моль, N – количество растворителя, моль, p_0 – давление пара над чистым растворителем, кПа или Па, Δp – понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором, кПа или Па.

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:

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

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

ЭБУЛЛИОСКОПИЧЕСКИЙ И КРИОСКОПИЧЕСКИЙ ЗАКОНЫ РАУЛЯ

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

Эбуллиоскопический закон Рауля: *повышение температуры кипения раствора прямо пропорционально моляльной концентрации растворенного вещества.*

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

где E - эбуллиоскопическая константа, C_m – моляльная концентрация растворенного вещества, моль/кг.

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

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

Криоскопический закон Рауля: уменьшение температуры кристаллизации раствора прямо пропорционально моляльной концентрации растворенного вещества.

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

где K – криоскопическая константа, C_m – моляльная концентрация растворенного вещества, моль/кг.

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

Изменения температур кипения и кристаллизации зависят только от числа молей растворенного вещества.

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

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

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

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

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

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

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

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 методу,

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

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:

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

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

ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

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

Осмоз – 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 прямо пропорционально концентрации раствора и обратно пропорционально его объёму (закон **Бойля – Мариотта**).

2) Осмотическое давление раствора прямо пропорционально его абсолютной температуре (закон **Гей -Люссака**).

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

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.

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

где $p_{осм}$ – осмотическое давление, кПа, C_m – молярная концентрация, моль/л, 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 $C_{12}H_{22}O_{11}$ ($M = 342$ г/моль).

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

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

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 растворённых частиц больше числа молей его молекул, вследствие их диссоциации. Поэтому различия между свойствами чистого растворителя и рас-

творы 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:

$$i = 1 + \alpha \cdot (k-1) \quad (13)$$

$$\text{или } \alpha = (i-1)/(k-1), \quad (14)$$

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 n – количество растворенного вещества, моль, N – количество растворителя, моль, p_0 – давление пара над чистым растворителем, кПа или Па, Δp – понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором, кПа или Па, i – изотонический коэффициент.

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

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

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

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: $\text{KCl} \rightleftharpoons \text{K}^+ + \text{Cl}^-$, 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, $t_{\text{кип}}(\text{H}_2\text{O}) = 100^\circ\text{C}$

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

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°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°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 $E = 0,52$: $\Delta t_{\text{кип}} = i \cdot E \cdot C_m$

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

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

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:

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

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.

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°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°C, а его эбуллиоскопическая константа 2,16°C. Вычислить молекулярную массу бензойной кислоты, если известно, что 5%-ный раствор этой кислоты в эфире кипит при 35,53°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 наиминимальшей 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 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 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 раствор 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 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°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°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. Осмотическое давление некоторого раствора при -3°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 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 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°C выше, чем чистая уксусная кислота. Вычислите молекулярный вес растворенного вещества. Эбуллиоскопическая 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 $7^{\circ}C$ 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.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов, И.Н. Химия: учебник / И.Н. Семенов, И.Л. Перфилова. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2020. – 656 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599172> .
2. Вострикова, Н.М. Химия: учебное пособие / Н.М. Вострикова, Г.А. Королева ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2016. – 136 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497755> .
3. Коровин, Н. В. Лабораторные работы по химии : учебное пособие / [под ред. Н. В. Коровина]. - М. : Высшая школа, 2001. - 256 с.