

ТЕМА: Розчини*Значення теми*

Розчини різних речовин у воді і органічних розчинниках широко використовуються в лабораторній практиці (в біології та медицині), тому лабораторному техніку (експериментатору) необхідно вміти готувати розчини різних концентрацій. Розчини технічних і аналітичних концентрацій вимагають різної техніки приготування. Розчини, що вимагають високої точності приготування, називаються розчинами з аналітичними концентраціями. Такі розчини готуються з використанням точних розрахунків, аналітичних терезів, спеціального мірного посуду.

Знати:

- способи вираження приблизних, аналітичних концентрацій розчинів;
- розрахункові формули розчинів приблизних, аналітичних концентрацій;
- правило «хреста» для розведення розчинів;
- правила приготування розчинів приблизних концентрацій;
- лабораторний посуд для приготування розчинів приблизних концентрацій;

Вміти:

- розраховувати наважки речовини і розчинника для приготування розчинів приблизних, аналітичних концентрацій;
- користуватися довідковою літературою (визначення розчинності речовин в різних розчинниках при різних температурах).

Короткий зміст теми

Найважливішою характеристикою розчину є його кількісний склад. Відносний вміст розчиненої речовини в розчині називають **концентрацією**.

Існують різні способи вираження концентрації розчинів: в масових частках розчиненої речовини, молях на 1 л, еквівалентах на 1 л, грамах або міліграмах на 1 мл розчину.

Розрахунки, що застосовуються при приготуванні розчинів технічної концентрації

Масова частка розчиненої речовини ($\omega_{\text{речовини}}$) виражає відношення маси розчиненої речовини ($m_{\text{речовини}}$) до загальної маси розчину ($m_{\text{розчину}}$).

1. Знаходження масової частки розчиненої речовини

$$\omega = m_{\text{речовини}} / m_{\text{розчину}} \cdot 100\% \quad (1)$$

2. Знаходження маси розчиненої речовини за відомою масовою долею речовини

$$m_{\text{речовини}} = \omega_{\text{речовини}} \cdot m_{\text{розчину}} / 100\% \quad (2)$$

3. Знаходження маси розчинника

$$m_{\text{розчинника}} = m_{\text{розчину}} - m_{\text{речовини}} \quad (3)$$

4. Перерахунок маси в об'єм і навпаки

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \rho \cdot V, \text{ де } \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл} \quad (4)$$

Зразкове рішення задач

Обчислити масу лугу і об'єм води, необхідні для приготування 40г. розчину NaOH з масовою часткою 5%.

Дано:

$$m_{\text{розчину}} = 40 \text{ г.}$$

$$\omega\% = 5\%$$

Знайти: $m(\text{NaOH})$, $V(\text{H}_2\text{O})$

1. Масу лугу можна знайти за формулою (2)

$$m(\text{NaOH}) = \frac{m_{\text{розчину}} \cdot \omega(\text{NaOH})}{100} = \frac{40 \cdot 5}{100} = 2 \text{ г.}$$

Знаходимо масу лугу з урахуванням 5% домішок:

$$2 \text{ г} - 100\%$$

$$X - 5\%, x = 0,04 \quad 2 \text{ г} + 0,04 \text{ г} = 2,04 \text{ г.}$$

2. Масу води (розчинника) рахуємо за формулою (3):

$$m_{\text{розчинника}} = m_{\text{розчину}} - m_{\text{речовини}}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 40 - 2,04 = 38,16 \text{ г, тому як } \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1, \text{ то } 38,16 \text{ г будуть займати } V = 38,16 \text{ мл.}$$

Приготувати 150мл фізіологічного розчину (0,9% NaCl).

Дано:

$$V = 150 \text{ мл}$$

$$\omega = 0,9\%$$

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3$$

Знайти: $m(\text{NaCl})$, $V(\text{H}_2\text{O})$

- Знаходимо масу розчину
 $m_{\text{розчину}} = \rho \cdot V = 1 \cdot 150 = 150 \text{ г.}$
- Знаходимо масу речовини

$$m_{\text{речовини}} = \frac{\omega \cdot m_{\text{розчину}}}{100} = \frac{0,9 \cdot 150}{100} = 1,35 \text{ г.}$$

- Знаходимо масу води
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 150 - 1,35 = 148,66 \text{ г,}$ тому як $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1$, то 148,66 г будуть займати $V = 148,66 \text{ мл.}$

Кристалогідрати

Кристалогідрати – це кристалічні речовини, що містять молекули води. Воду, що входить до складу кристалогідратів, називають кристалізаційною.

Формули деяких кристалогідратів:

Кристалогідрат сульфату міді (II) (мідний купорос) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Сульфат заліза (залізний купорос) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Сульфат кальцію (гіпс) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Карбонат натрію (кристалічна сода) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Сульфат магнію (англійська (гірка) сіль) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Сульфат натрію (глауберова сіль) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Тетраборат натрію (бура) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Зразкове рішення задач

Приготувати 100 г 5% розчину MgSO_4 з кристалогідрату $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Дано:

$m_{\text{розчину}} = 100 \text{ г.}$

$\omega\% = 5\%$

Знайти: $m(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$,

$V(\text{H}_2\text{O})$

- Проводимо розрахунок для безводної солі.

$$\omega(\text{MgSO}_4) = \frac{m(\text{MgSO}_4)}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%$$

$$m(\text{MgSO}_4) = \frac{m_{\text{розчину}} \cdot \omega(\text{MgSO}_4)}{100} = \frac{100 \cdot 5}{100} = 5 \text{ г.}$$

- Обчислюємо масу кристалогідрату $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, необхідного для приготування розчину.

Розраховуємо молярні маси безводної солі і кристалогідрату.

Молярна маса кристалогідрату:

$M_r(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 120 + 126 = 246 \text{ г/моль}$

$M_r(\text{речовини}) = 1 \text{ моль речовини} \cdot 246 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 246 \text{ г.}$

Молярна маса безводної солі:

Молярна маса $M_r(\text{MgSO}_4) = 120 \text{ г} / \text{моль} \cdot 1 \text{ моль} = 120 \text{ г.}$

Міркуємо таким чином:

У 246 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - міститься MgSO_4 120 г.

в X (г) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - міститься MgSO_4 5 г

Складаємо пропорцію і знаходимо

$X = 246 \cdot 5 / 120 = 10,25 \text{ г.}$

- Розраховуємо необхідний об'єм води

$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{розчину}} - m_{\text{речовини}} = 100 - 10,25 = 89,75 \text{ г.}$

Тому як $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1$, то 89,75 г займатимуть $V = 89,75 \text{ мл.}$

т.ч. для приготування необхідного розчину розчиняють 10,25 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в 89,75 мл води.

Обчислення за «правилом хреста»

Для отримання розчину із заданою масовою часткою (%) розчиненої речовини шляхом змішування двох розчинів з відомою масовою часткою розчиненої речовини користуються діагональною схемою ("правило хреста").

Сутність цього методу полягає в тому, що по діагоналі з більшої величини масової частки розчиненої речовини віднімають меншу.

а с – в
 \/
С
 /\

де а - велика, в - менша, С - потрібна масова частка (%) розчиненої речовини в розчині

Різниця (с-в) і (а-с) показують, в яких співвідношеннях треба взяти розчини а та в, щоб отримати розчин С.

Якщо для розведення в якості вихідного розчину використовують чистий розчинник, наприклад, Н₂О, то концентрація його приймається за 0 і записується з лівого боку діагональної схеми.

Зразкове рішення задач

1. Потрібно приготувати 8% розчин хлориду калію з 20% розчину. Складаємо схему:

Зліва пишемо концентрації наявних розчинів: 20% вихідний розчин і 0% вода, в середині пишемо концентрацію розчину, якій потрібно приготувати

20
 8
 0

Праву сторону схеми отримаємо, віднімаючи по діагоналі з більшою цифри меншу: 20-8 = 12 і 8-0 = 8

20 8
 \ /
 8
 / \
 0 12

2 частини
 3 частини

Нагорі справа отримаємо необхідний об'єм 20% розчину, а внизу праворуч – об'єм води.

Отже, для отримання 8% розчину потрібно взяти 8 частин 20% розчину і 12 частин води. Або скорочуючи ці цифри, отримаємо: 2 частини 20% розчину і 3 частини води.

Ця схема дає приблизні результати. Більш точні результати можна отримати, провівши розрахунок з урахуванням щільності розчинів. Однак кожен працівник лабораторії повинен знати, коли потрібна точність в обчисленні, а коли можна користуватися приблизними цифрами без шкоди для результатів роботи.

2. Скільки грам 14% і 4% розчину сірчаної кислоти треба взяти для приготування 200г 10% розчину.

14% 6ч
 10% | 3
 4% 4ч 2

Отже, для отримання 10% розчину потрібно взяти 6 частин 14% розчину і 4 частини 4% розчину. Або скорочуючи ці цифри отримаємо співвідношення обсягів: 3: 2.

Визначаємо масу кожного розчину за формулою:

$$m_{\text{розчину}} = \frac{\text{число частин} \cdot m_{\text{речовини}}}{\text{сума частин}}$$

$$m_{\text{розчину}} (14\%) = 3 \cdot 200/5 = 120\text{г.}$$

$$m_{\text{розчину}} (4\%) = 2 \cdot 200/5 = 80\text{г.}$$

Відповідь: для приготування 200г. 10% розчину сірчаної кислоти треба взяти 80г. 4% розчину і 120г. 14% розчину.

Особливості розрахунків при приготуванні розчинів технічної концентрації

- Кількість речовини, що розчиняється розраховують з точністю до десятих часток;
- При розрахунку кількості рідини частки мілілітра не враховують.

Розрахунок кількості луку, необхідного для приготування розчину проводять, як описано вище. Але твердий луг містить багато домішок, рекомендується відважувати луку на 5% більше розрахованого кількості.

Алгоритм приготування розчинів солей, кристаллогидратів, лугів

1. Підготувати посуд: мірний циліндр, хімічний стакан, скляна паличка. Устаткування: технохімічні або аптечні ваги.
2. Кількість води відмірюють циліндром і приблизно ½ цього об'єма виливають у хімічний стакан.
3. На терезах відважують розраховану кількість солі і переносять у хімічний стакан, в якому будуть проводити розчинення.
4. Перемішують до повного розчинення (при перемішуванні розчинів скляною паличкою не стукати об краї і дно склянки), потім доливають воду, що залишилася.

5. Розчини зберігають у бутлях відповідного розміру з підбраною пробкою. Якщо розчин готується в невеликій кількості, яка буде використана протягом робочого дня, приготований розчин можна залишити там, де він був приготовлений.

Алгоритм приготування розчинів кислот

1. Підготувати посуд: 2 мірних циліндра, хімічний стакан, воронка.
2. Відміряти мірним циліндром кислоту і дистильовану воду.
3. У хімічний стакан наливають розраховану кількість води, а потім тонким струменем, поступово при перемішуванні додають потрібну кількість кислоти. **При розведенні кислоти ллюють у воду!**
4. Розчин остиджують.

Розрахунки, що застосовуються при приготуванні розчинів аналітичної концентрації

Молярна концентрація

Молярна концентрація показує число молей розчиненої речовини в 1л. розчину. Молярну концентрацію розраховують за формулою:

$$C_m = m \cdot 1000 / V \cdot M \text{ або } m = C_m \cdot V \cdot M / 1000, \text{ де}$$

C_m - молярна концентрація, моль / л

V - об'єм розчину в літрах

M - молярна маса речовини.

Позначення молярності і назва розчинів:

1М - одномолярний в 1л.

0,5 М - полумолярний

0,1 - децимолярний

0,01 - сантимолярний

0,001 - мілімолярний

Молярна концентрація еквівалента (нормальна концентрація)

Молярна концентрація еквівалента виражається числом еквівалентів розчиненої речовини в 1л. розчину.

$$C_e = m_{\text{речовини}} \cdot 1000 / M_e \cdot V \text{ або } m = C_e \cdot V \cdot M_e / 1000$$

C_e – молярна концентрація еквіваленту, моль/л

V – об'єм розчину в літрах

M_e – молярна маса еквіваленту.

Молярна маса еквіваленту: $M_e = M(x) \cdot f(x)$, де

$M(x)$ – молярна маса речовини

$f(x)$ - фактор еквівалентності (число, що показує, яку частку реальної частки становить еквівалент)

$f(x) = 1 / Z$, де Z

для кислот дорівнює основності кислоти: $f(\text{HNO}_3) = 1$; $f(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2$.

для основ дорівнює кислотності основи: $f(\text{NaOH}) = 1$, $f(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1/2$

для солей дорівнює множення ступеня окиснення металу на число його атомів у молекулі солі:

$f(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1/1 \cdot 2$, $f(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 1/2 \cdot 3$.

Зразкове рішення задач

Приготувати 100мл 0,1 розчину карбонату натрію.

дано:

$V = 100\text{мл}$

$C_m = 0,1$:

Знайти: m -?

1. Розрахуємо молярну масу солі карбонату натрію

$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (22,9898 \cdot 2) + 12,01115 + (15,999 \cdot 3) = 106,004$

2. Розрахуємо масу наважки за формулою:

$m = C_m \cdot V \cdot M / 1000 = 0,1 \cdot 100\text{мл} \cdot 106,004 / 1000 = 1,06\text{г}$.

Особливості розрахунків при приготуванні розчинів аналітичної концентрації

- Масу речовини, що розчиняється підраховують з точністю до четвертого знака, а молярні маси беруть з точністю, з якою вони наведені в довідкових таблицях;
- Об'єм розчинника не розраховують;
- Об'єм концентрованого розчину підраховують з точністю до другого десяткового знака.

Алгоритм приготування розчину за точно взятою наважкою

Спосіб приготування розчинів за точно взятою наважкою можна застосувати не для всіх речовин. Цим способом можна приготувати розчини солей, які не містять домішок і кристалізаційну воду.

1. Підготувати посуд: мірна колба, хімічний стакан. Устаткування: аналітичні ваги.
2. На аналітичних вагах взяти розраховану наважку речовини, що підлягає розчиненню.
3. У мірну колбу вставити лійку і через неї всипати відважену кількість речовини.
Пересипати треба дуже акуратно, щоб не розсипати повз колби жодної крупинки. Залишки ретельно змивають з промивалки в воронку дистильованою водою.
4. Обмивають внутрішні стінки воронки, стежачи за тим, щоб загальна кількість води, використана для обмивання, займала не більше $\frac{1}{2}$ об'єму колби.
5. У колбі обережним обертотним рухом, не перевертаючи, перемішують вміст до тих пір, поки наважка повністю не розчиниться.
6. Після цього доводять розчин до мітки дистильованою водою і перемішують вміст колби.

Алгоритм приготування розчину за приблизною наважкою

Більшість солей, всі луги готують точної концентрації, але за приблизною наважкою.

Для отримання такого розчину на технохімічних вагах беруть розраховану наважку з точністю до другого десяткового знака.

Розчиняють наважку в мірній колбі.

Точну концентрацію приготованого розчину встановлюють титруванням.

Алгоритм приготування розчину методом розведення

Об'єм розчину при приготуванні розчинів методом розведення розраховують за формулою $C_1V_1 = C_2V_2$

1. Підготувати посуд: градуйована піпетка, мірна колба, воронка, хімічний стакан.
2. У мірну колбу налити $\frac{1}{3}$ об'єму води.
3. Градуйовану піпетку промити водою, потім розчином, який будуть відмірювати.
4. Градуйованою піпеткою відміряти розрахований об'єм розчину.
5. Перенести відміряний об'єм в мірну колбу через лійку.
6. Довести об'єм в колбі до мітки дистильованою водою і перемішати вміст колби.

Питання для самопідготовки:

1. Назвіть способи вираження приблизної (технічної) концентрації розчинів.
2. Вкажіть розрахункові формули розчинів приблизних концентрацій.
3. Які правила розрахунків наважки і розчинника для приготування розчинів приблизних (технічних) концентрацій?
4. Поясніть правило «хреста» для розведення розчинів. Техніка безпеки при роботі з кислотами.
5. Розкажіть алгоритм приготування розчинів солей.
6. Які особливості приготування розчинів лугів? Техніка безпеки при роботі з лугами.
7. Назвіть способи вираження аналітичних концентрацій розчинів.
8. Наведіть формули для розрахунку молярної концентрації, молярної концентрації еквівалента.
9. Вкажіть розрахункові формули факторів еквівалентності різних речовин.
10. Які правила розрахунків навішування для приготування розчинів аналітичних концентрацій?
11. Опишіть техніку приготування розчинів за точно взятою наважкою.
12. Розкажіть про приготування точних розчинів за приблизно взятою наважкою.
13. Як приготувати розчин точної концентрації методом розведення?

Самостійна робота студентів:

1. Вивчіть алгоритми і розберіть рішення типових задач на розведення розчинів, за правилом «хреста», на приготуванні розчинів з кристалогідратів.
2. Розрахувати масу 0,9% NaCl для приготування 200 мл фізіологічного розчину
3. Приготувати 25% розчин NaOH з 30% і 10% розчинів
4. Приготувати 150 г 15% розчину $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ з кристалогідрату тетраборату натрію $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$