20.03.25.

35 група

Сучасне лабораторне обладнання

ЛПР Приготування розчинів

https://www.youtube.com/watch?v=V0W3huuW1CY

РОЗЧИНИ ХІМІЧНИХ РЕАКТИВІВ ТА ЇХ ПРИГОТУВАННЯ

Розчинами називаються однорідні (гомогенні) системи змінного складу, що складаються із двох і більшого числа компонентів (молекул, йонів) і продуктів їх взаємодії. Між компонентами в розчинах існують фізичні і хімічні сили взаємодії. Так, наприклад, водний розчин сульфатної кислоти складається із розчинника – води, розчиненої речовини – кислоти і продуктів їх взаємодії – гідратованих йонів: H^+, HSO_4^-, SO_4^{2-}.

За агрегатним станом розчини бувають тверді, рідкі, газоподібні (газові суміші). Прикладом рідких розчинів можуть бути розчини кислот, основ, солей, багатьох органічних речовин тощо, прикладом твердих - деякі сплави (сплав нікелю і міді, срібла і золота і ін.) і мінерали, прикладом газоподібних - суміші газів, повітря. Слід відмітити, що в сумішах газів майже ніколи не спостерігається хімічна взаємодія. Найбільше значення мають рідкі, особливо, водні розчини.

Поняття «розчинник» і «розчинена речовина» в багатьох випадках носить умовний характер. Прийнято вважати розчинником речовину, агрегатний стан якої в процесі утворення розчину не змінюється. При однаковому агрегатному стані обох компонентів розчинником вважається та речовина, якої більше. Так, в системі спирт–вода обидві

складові частини необмежено розчинні одна в одній і розчинником вважається речовина, якої більше.

$$W = \frac{m}{m+m_s}, \qquad (3.1)$$

де - масова частка розчиненої речовини, % або частки від одиниці;

m - маса розчиненої речовини, г;

m_s - маса розчинника, г.

Масову частку розчиненої речовини виражають в частках від одиниці або у відсотках. Наприклад, масова частка оцтової кислоти у воді дорівнює 0,07 або 7 %. Це означає, що в розчині оцтової кислоти масою 100 г міститься кислота масою 7 г *(m)* і вода масою 93 г ( ).

Молярна концентрація розчиненої речовини - це величина, що дорівнює відношенню кількості розчиненої речовини *(n) до об`єму розчину (V)*:

$$c = \frac{n}{V}, \qquad (3.2)$$

де с - молярна концентрація речовини, моль/м^3 або моль/л;

n - кількість речовини, що міститься в розчині, моль;

V – об’ єм розчину, м^3 або л.

Основною одиницею молярної концентрації є моль/м^3 або моль/л (скорочена форма запису одиниці молярної концентрації «М»), Молярна концентрація записується таким чином; с(CH_3COOH) = 0.1 моль/л (0,1 М); с(C_2H_5OH) = 0,5 моль/л (0,5 М); с(H^+) = 1 х 10^{-5} моль/л (1 х 10^{-5} М).

Розчин, в 1 л якого міститься 1 моль розчиненої речовини, називається молярним. Якщо в 1 л розчину міститься 0,1 моль речовини, то такий розчин називається децимолярним; якщо 0,01 моль - сантимолярним; якщо 0.001 моль - мілімолярним.

Наприклад: 1 М розчин NaOH (читаємо молярний розчин натрій гідроксиду), означає, що 1 л такого розчину містить 1 моль речовини або 1 моль х 40 г/моль = 40 г NaOH (молярна маса NaOH дорівнює 40 г/моль); 0,01 М розчин NaOH (читаємо сантимолярний розчин натрій гідроксиду) означає, що в 1 л розчину міститься 0,01 моль NaOH, тобто 0,01 моль х 40 г/моль = 0,4г.

Моляльна концентрація розчиненої речовини - це величина, що дорівнює відношенню кількості розчиненої речовини до маси розчинника:

$$C_m = \frac{n}{m_S} \text{ або } C_m = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot m_S} \quad (3.3)$$

де C_m - моляльна концентрація речовини;

М - молярна маса, г/моль або кг/моль;

п - кількість речовини (моль), що міститься в розчині;

m- маса розчиненої речовини, кг;

m_s - маса розчинника, кг.

Основною одиницею моляльної концентрації є моль/кг (скорочене позначення одиниці моляльності «Мн») і записується так: c_m (CH_3COOH) = 0,1 моль/кг (0,1 Мн).

Розчин, що містить 1 моль розчиненої речовини в 1 кг розчинника, називається моляльним. Наприклад. 1 Мн розчин H_2S0_4 (читаємо моляльний розчин сульфатної кислоти) означає, що 1000 г розчинника містить 1 моль кислоти або 1 моль х 98 г/моль = 98 г кислоти.

Молярна концентрація еквівалентів розчиненої речовини - це величина, що дорівнює відношенню кількості еквівалентів речовини до об єму розчину:

$$C_e = \frac{n_e}{V}, \quad (3.4)$$

де C_e - молярна концентрація еквівалентів речовини, моль/м^3 або моль/л;

n_e - кількість еквівалентів речовини, що міститься в розчині;

V - об єм розчину, м^3 або л.

Одиницею молярної концентрації еквівалентів речовини є моль/м^3 або моль/л, (скорочене позначення «н»), Позначення c_e = 1 н відповідає концентрації розчину, в 1 л якого міститься один еквівалент молярної маси розчиненої речовини.

Еквіваленти - це умовні часточки речовини, які в z разів менші, ніж відповідні їм формульні одиниці. Число z називають еквівалентним числом або числом еквівалентності. Значення z визначають за хімічною реакцією, в якій приймає участь дана речовина. Еквівалентне число (а отже, і молярна маса еквіваленту) не є постійною величиною для даної речовини, а залежить від типу реакції, в яку вступає речовина. Наприклад. у реакції нейтралізації:

$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$

один моль натрій гідроксиду еквівалентний одному моль сульфатної кислоти. тому в даній реакції z = 1, молярна маса еквіваленту (M_e) сульфатної кислоти дорівнює її молярній масі, тобто 98 г. У реакції:

$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$

два моль натрій гідроксиду еквівалентні одному моль сульфатної кислоти. Тому в даній реакції еквівалент кислоти дорівнює формульної одиниці (еквівалентне число дорівнює 2), а звідси молярна маса еквіваленту (M_e) сульфатної кислоти дорівнює її молярній масі поділеній на два. тобто 49 г.

Титром розчину розчиненої речовини (T) називають масу речовини в грамах в 1 мл розчину. Наприклад, якщо 1 л розчину містить 5,843 г сульфатної кислоти, то титр розчину дорівнює 0,005843 г/мл.

3.2 Розрахунки для приготування розчинів певної концентрації

Проілюструємо способи вираження концентрацій на наступному прикладі. Нехай маємо розчин, що містить 121,2 г оцтової кислоти в 1 л розчину, густина (р) якого 1,0187 г/см^3. Проведемо розрахунки масової частки, молярної концентрації та молярної концентрації еквівалентів оцтової кислоти у даному розчині.

Масова частка розчиненої речовини

Маса 1 л розчину дорівнює р × V = 1,0187 × 1000 = 1018,7 (г). Розрахуємо масову частку оцтової кислоти у відсотках згідно з рівнянням 3.1:

$$W = \frac{121,2}{1018,7} \cdot 100\% = 11,9\%,$$

Молярна концентрація розчиненої речовини

М(CH_3COOH) = 60 г/моль, відповідно, 121,2 г оцтової кислоти складає 121,2:60 = 2,0 (моль). Згідно з рівнянням 3.2 молярна концентрація оцтової кислоти у даному розчині дорівнює 2,0 моль/л (позначається 2,0 М).

Молярна концентрація еквіваленту розчиненої речовини

Оскільки оцтова кислота одноосновна, то молярна маса її еквіваленту у реакції нейтралізації дорівнює молярній масі. Відповідно до рівняння (3.4), молярна концентрація еквіваленту оцтової кислоти дорівнює 2,0 моль/л (або 2,0 н).

Моляльна концентрація розчиненої речовини

Маса 1 л даного розчину дорівнює 1018,7 г і містить 1018,7 – 121,2 = 887,5 (г) води, тому моляльну концентрацію оцтової кислоти у даному розчині знаходимо із пропорції:

887,5 г - 2,0 моль

1000 г - х моль

$$x = \frac{2 \cdot 1000}{887,5} = 2,3 \text{ (моль)}$$

Звідси $x = C_m = 2,3$ моль/кг.

Титр розчину розчиненої речовини

Титр розчину знаходимо у відповідності до визначення, складаючи таку пропорцію:

1000 мл- 121.2 г

1 мл - х г

$$x = \frac{121,2}{1000} = 0,121 \text{ (г)}$$

Звідси x= 7= 0,121 г/мл.

У практичній роботі завжди виникає потреба у приготуванні розчину необхідної концентрації. Розчинником у таких випадках може бути вода, спирти, естери, етери, бензен тощо, а розчиненою речовиною - різні сполуки неорганічного й органічного походження. У деяких випадках із розчину з більшою концентрацією необхідно одержати розчин меншої концентрації. У наступних прикладах показано, як треба діяти в тому, чи іншому конкретному випадку.

3.3 Приготування розчинів зі заданою концентрацією речовини

3.3.1 Приготування розчину зі заданою концентрацією (масовою часткою розчиненої речовини)

Приготувати 1,5 кг 15 %-ого розчину натрій хлориду.

Спочатку обчислюємо необхідну масу солі. Розрахунок проводимо відповідно до пропорції:

100 г розчину - 15 г NaCl

1500 г розчину - *x* г NaCl

тобто, якщо 100 г розчину містить 15 г солі, то скільки її необхідно для приготування 1500 г розчину? Із пропорції знаходимо масу солі NaCl:.

Розрахунок показує, що треба зважити 225 г солі, тоді води треба взяти 1500 - 225 = 1275 (г).

На технічних терезах зважують 225 г солі NaCl, використовуючи годинникове скло. Наважку переносять у велику конічну колбу (1,5...2 л). Якщо врахувати, що густина води при кімнатній температурі дорівнює 1 г/см^3, то води треба взяти 1275 мл. Мірним циліндром відміряють 1275 мл дистильованої води і розчиняють наважку.

Приготувати 500 г 30 %-ого розчину етиленгліколю у воді (антифриз). Спочатку обчислюємо необхідну масу етиленгліколю. Розрахунок проводимо відповідно пропорції:

100 г розчину – 30 г $C_2H_6O_2$

500 г розчину – *x* г $C_2H_6O_2$

Із пропорції знаходимо масу етиленгліколю:

$$x = \frac{500 \cdot 30}{100} = 150\,(\text{г})$$

Розрахунок показує, що для приготування розчину треба взяти 150 г етиленгліколю. Одержану масу розчину (150 г) можна перерахувати на його об`єм. Для цього масу розчину треба розділити на його густину (густина етиленгліколю за довідником складає 1,1155 г/см^3 при 20 °С), тобто 150 г: 1,1155 г/см^3 = 134,4689 см^3 або 134,5 мл. Тоді води треба взяти:
500 г – 150 г = 350 г або 350 мл.

При приготуванні приблизних розчинів (приблизними називають такі розчини, для яких масу речовин обчислюють з приблизною точністю, атомні маси елементів беруть округленими до цілих одиниць, речовини зважують на технічних терезах) мірним циліндром відміряємо 135 мл етиленгліколю і додаємо до нього 350 мл дистильованої води.

3.3.2 Приготування розчину меншої концентрації (масовою часткою розчиненої речовини) зі розчину з більшою концентрацією

Приготувати 2 л 5 % - ого розчину амоній сульфату із його 20 % - ого розчину.

За довідником взнаємо, що густина 5 %-ого розчину амоній сульфату дорівнює 1,0287 г/см^3. Маса 2 л розчину дорівнює 1,0287 г/см^3 х 2000 см^3 = 2057,4 г. Щоб розрахувати, яка маса амоній сульфату міститься у цій масі розчину складаємо пропорцію:

100 г розчину - 5г$(NH_4)_2S0_4$

2057,4 г розчину - *х* г $(NH_4)_2S0_4$

Із пропорції знаходимо масу амоній сульфату:

$$x = \frac{5 \cdot 2057{,}4}{100} = 102{,}87 \text{ (г)}$$

Це становить 102,87 г.

Тепер треба підрахувати, яку масу 20 %-ого розчину треба взяти, щоб одержати 2000 см^3 5 %-ого розчину. Складаємо пропорцію:

100 г розчину – 20 г $(NH_4)_2S0_4$

х г розчину – 102,87 г $(NH_4)_2S0_4$

Обчислюємо масу 20 %-ого розчину:

$$x = \frac{100 \cdot 102{,}87}{20} = 514{,}35 \text{ (г)}$$

Знаючи масу розчину (514,35 г), можна розрахувати його об'єм. Для цього масу розчину ділимо на його густину (густина 20 %-ого розчину амоній сульфату за довідником становить 1,1149 г/см^3). Тобто:

$$x = \frac{514,35}{1,1149} = 461,34 \text{ (см}^3\text{)}$$

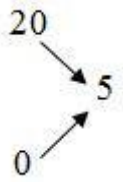
Якщо ми готуємо приблизні розчини, то відміряємо мірним циліндром 461 мл 20 % - ого розчину $(NH_4)_2S0_4$, виливаємо у мірну колбу на 2000 см^3 і доводимо водою до 2000 см^3.

3.3.3 Приготування розчину зі заданою концентрацією (масовою часткою розчиненої речовини) розбавленням готового розчину розчинником (розрахунки за правилом хреста)

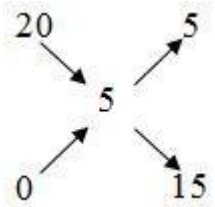
Приготувати 2 л 5 %-ого розчину натрій ацетату, виходячи із його 20 %-ого розчину.

Коли не потрібно особливої точності, при розбавленні розчинів або змішуванні їх для одержання розчинів іншої концентрації, можна користуватися так званим правилом хреста.

Записуємо таким чином:



де 20 - концентрація взятого розчину, 0 – вода, 5 - необхідна концентрація. Віднімаємо 5 від 20 і одержане значення записуємо у правому нижньому куті, віднімаємо 0 від 5, пишемо цифру в правому верхньому куті. Тоді схема матиме вигляд:

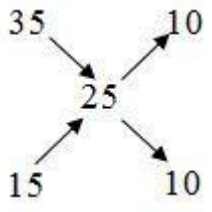


Це означає, щоб розбавити 20 %-ий розчин до 5 %-ого треба взяти 5 вагових частин 20 %-ого розчину і 15 вагових частин води.

3.3.4 Приготування розчину зі заданою концентрацією (масовою часткою розчиненої речовини) змішуванням розчинів певної концентрації (розрахунки за правилом хреста)

Одержати 25 %-ий розчин натрій ацетату змішуванням 35 % - ого і 15 % - ого.

Розрахунки проводимо за правилом хреста. Для цього (аналогічно досліду 3) складаємо наступну схему:



Тобто для цього потрібно взяти 10 вагових частин 25 %-ого розчину і 10 вагових частин 15 %-ого розчину.

3.3.5 Приготування розчину зі заданою молярною концентрацією розчиненої речовини

Приготувати 1 л 1 М розчину аргентум нітрату.

Для приготування точних розчинів обчислення проводять з достатнім ступенем точності. Атомні маси елементів беруть із таблиці, в якій наведені їх точні значення. Речовини зважують на аналітичних терезах. використовуючи годинникове скло, або в бюксі.

Обчислюють з великою точністю молекулярну масу $AgNO_3$. Вона дорівнює 169,875 г/моль. Зважують на аналітичних терезах на годинниковому склі 169,8750 г солі. У мірну колбу на 1 л вставляють лійку, обережно переносять наважку і розчиняють у воді, додаючи воду до мітки на колбі.

3.3.6 Приготування розчину зі заданою молярною концентрацією еквіваленту розчиненої речовини

Приготувати 1 л 0,1 н розчину H_2S0_4.

Розчини з молярною концентрацією еквіваленту розчиненої речовини готують аналогічно молярним, тільки беруть наважку речовини, що відповідає не молярній масі речовини, а молярній масі еквіваленту речовини.

Розрахуємо молярну масу H_2S0_4. $M(H_2S0_4)$ дорівнює 98 г/моль. Молярна маса еквіваленту сульфатної кислоти (для реакції її повної нейтралізації) дорівнює $M(H_2S0_4):2 = 98 : 2 = 49$ (г/моль). Для приготування 1 л 0.1 н розчину треба взяти 49 х 0.1 =4,9 (г) H_2S0_4. За довідником взнаємо, що густина концентрованої H_2S0_4 (масова частка H_2S0_4 дорівнює 96%) дорівнює 1,835 г/см^3. Обчислюємо об`єм концентрованої сульфатної кислоти з масовою часткою 96 %: 1,835 х 4,9 х 0,96 = 8,6 (мл). Піпеткою відбираємо 8,6 мл концентрованої H_2S0_4. переносимо у мірну колбу на 1 л і додаємо дистильованої води до позначки на колбі.

3.4 Приклади розв'язування задач

Приклад 1. Який об'єм розчину H_2S0_4 з масовою часткою кислоти 96 % (густина розчину 1,835 г/см^3) треба взяти для приготування 5 л 0.5 н розчину H_2S0_4 ?

Обчислюємо молярну масу еквіваленту H_2S0_4: $M_e(H_2S0_4) = 98:2 = 49$ (г/моль). Розраховуємо масу H_2S0_4 яку необхідно взяти для приготування 0,5 н розчину: 49 х 0,5 = 24,5 (г). За пропорцією обчислюємо масу H_2S0_4 для приготування 5 л 0,5 н розчину:

24,5 г H_2S0_4 - 1 л розчину

х г H_2S0_4 -5 л розчину

Звідси маса H_2S0_4 дорівнює 122,5 г.

У відповідності до визначення масової частки розчиненої речовини. розчин H_2SO_4 з масовою часткою кислоти 96 % - такий розчин, у 100 г якого міститься 96 г H_2SO_4 Для визначення маси розчину, який містить 122,5 г H_2SO_4 складаємо пропорцію:

96 г H_2SO_4 - 100 г розчину

122,5 г H_2SO_4-*x* г розчину

Із пропорції знаходимо, що маса розчину дорівнює 127,9 (г). Для розрахунку об'єму масу H_2SO_4 треба розділити на її густину: 127,9:1,835 = 69,7 ($см^3$) або 69,7 мл.

Приклад 2. Який об'єм води треба додати до 1 л розчину КОН з масовою часткою 40 % (густина розчину 1,411 г/$см^3$) щоб одержати розчин, масова частка якого 18 % ?

Обчислюємо масу 1 л розчину КОН з масовою часткою 40 %. Для цього густину розчину множимо на його об'єм: 1,411 х 1000 = 1411 (г). Для визначення маси КОН у розчині, маса якого 1411 г. складаємо пропорцію:

40 г КОН - 100 г розчину

x г КОН-1411 г розчину

Із пропорції знаходимо, що маса КОН у 1 л 40% розчину становить 564,4 г. Тоді маса води у розчині складає 1411 – 564,4 г = 846,6 (г).

Далі обчислюємо масу розчину з масовою часткою 18 %, якщо в ньому міститься 564,4 г КОН. Складаємо пропорцію:

18 г КОН-100 г розчину

564,4 г КОН - *x* г розчину

Із пропорції знаходимо, що маса розчину дорівнює 3135,6 г. Тоді маса води становить 3135,6 – 564,4 = 2571,2 (г). Обчисливши різницю між масою води у розчині з масовою часткою 40 % і 18 % знаходимо, скільки води треба додати до 1 л розчину (40 %), щоб із нього приготувати розчин масова частка якого 18%: 2571,2 – 846,6 = 1724,6 (г).