

# Харківська обласна хімічна олімпіада 2013 р.

## 10 клас

**1. Метал.** Метал **X** розчинили в концентрованій нітратній кислоті, при цьому спостерігали виділення бурого газу. При прожарюванні 2.0 г отриманого нітрату (сполука **Y**) утворилось 0.849 г чорного порошку **Z** та газова фаза. Якщо до розчину речовини **Y** додати розчин аміаку, утворюється забарвлений розчин. При додаванні до **Y** розчину калію йодиду утворюється сіль **W** та проста речовина коричневого кольору **Q**.

1. Визначте усі зашифровані речовини.
2. Наведіть рівняння реакцій, що перебігають.
3. Як у промисловості отримують концентровану нітратну кислоту?
4. В який колір забарвлений розчин після додавання аміаку? Чому?

**2. Чистота.** В залежності від вмісту основної речовини хімічний реактив може бути таких кваліфікацій:

«технічний» – масова частка основної речовини не менш 70 %;

«чистий» – масова частка основної речовини не менш 98 %;

«хімічно чистий» – масова частка основної речовини не менш 99 %.

1. Оцініть кваліфікацію реактиву «Натрій вуглекислий» ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), якщо на титрування наважки цього реактиву масою 0.1345 г витрачено 20.5 мл розчину  $\text{HCl}$  з молярною концентрацією 0.1115 моль/л. Продуктом реакції титрування є карбонатна кислота. Наведіть рівняння реакції.

Після проведення титрування отриманий розчин прокип'ятили та після охолодження прилили до нього 36.0 мл розчину  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  з концентрацією 0.0745 моль/л.

2. Для чого кип'ятили розчин? Яка маса осаду утворилась? Наведіть рівняння реакції.

3. Розрахуйте масові частки іонів у розчині, що утворився після додавання розчину  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  (густину усіх розчинів вважайте рівною 1 г/мл).

**3. Гідрування.** Суміш етену та водню об'ємом 30 л (н.у.) з відносною густиною за воднем 5.33 пропустили при нагріванні над нікелевим каталізатором. Після приведення отриманої суміші до н.у. її об'єм склав 27.5 л.

1. Визначте якісний склад отриманої суміші, напишіть рівняння відповідної реакції.
2. Розрахуйте об'ємні частки усіх компонентів отриманої газової суміші.
3. Розрахуйте вихід продукту реакції.

**4. Цікаві гази.** Органічний газ **A** при пропусканні крізь підкислений водний розчин  $\text{CuCl}$  та  $\text{NH}_4\text{Cl}$  утворює безбарвний вибухонебезпечний газ з різким запахом **B**. Сполука **A** в присутності каталізатора може реагувати з 2 моль  $\text{H}_2$ ; **B** вступає в реакцію з 3 моль  $\text{H}_2$  з утворенням вуглеводню **C** ( $D_{\text{H}_2} = 28.83$ ).

При пропусканні **A** та **B** крізь аміачний розчин аргентум оксиду випадають осади вибухонебезпечних речовин **D** та **E** відповідно. Речовина **A** при нагріванні до  $700^\circ\text{C}$  утворює циклічний вуглеводень **F** ( $w(\text{карбону}) = 92.27\%$ ), що є безбарвною отруйною рідиною з характерним запахом, яка використовується в якості розчинника. В молекулі **B** є тільки  $sp$ - та  $sp^2$ -гібридизовані атоми карбону.

1. Визначте структурні формули речовин **A** – **F**.

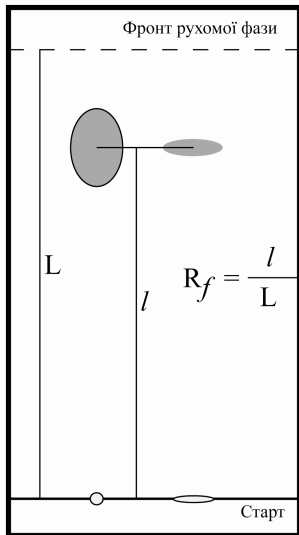
2. При  $60^\circ\text{C}$  та тиску 2 МПа сполука **A** в присутності  $\text{Ni}(\text{CN})_2$  утворює вуглеводень **G**, що є золотаво-жовтою рідиною ( $w(\text{карбону}) = 92.27\%$ ), молекулярна маса якої відрізняється від молекулярної маси **F** не більш, ніж на 40 %. Наведіть структурну формулу та назву **G**.

Газ **B** в присутності  $\text{CuCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  та інгібітору полімеризації реагує з  $\text{HCl}$ . При цьому утворюється рідина **H** складу  $\text{C}_4\text{H}_5\text{Cl}$ , що є сировиною для виробництва одного з видів синтетичних каучуків.

3. Як зветься **H**? Зобразіть структурну формулу даної сполуки.

**5. ТШХ.** Тонкошарова хроматографія (ТШХ) – ефективний метод аналізу сполук. У ТШХ використовують алюмінієву пластину, на яку нанесено тонкий шар адсорбенту ( $\text{SiO}_2$  та добавки). При цьому на лінію старту (см. рис.) наносять розчин речовини чи суміші речовин, що визначають, висушують отриману пляму та занурюють пластинку в камеру з наливою туди сумішшю розчинників – рухомою фазою (РФ). РФ за рахунок капілярних сил починає рухатися догори, захоплюючи за собою речовини, що аналізують. Речовини затримуються відносно верхньої межі руху РФ, причому плями розділюються з-за різного утримування сполук адсорбентом. Положення центра кожної плями характеризується величиною фактора утримування  $R_f$ , який дорівнює відношенню відстані від лінії старту до центра плями ( $l$ ) до довжини шляху, що пройшов розчинник ( $L$ ). При цьому «гарною» РФ можна вважати випадок, коли  $R_f$  речовин різняться щонайменше на 0.1, а самі плями не знаходяться на старті чи на фініші.

Для аналізу нікотину за допомогою ТШХ було запропоновано три РФ (в дужках наведено об'ємне співвідношення розчинників в рухомій фазі): 1) бензол – метанол (3 : 2); 2) толуол – етилацетат (4 : 1); 3) ацетон – хлороформ (1 : 1).



1. Розрахуйте, на якій відстані від лінії старту буде знаходитись пляма нікотину після проведення ТШХ в кожній з трьох РФ, якщо довжина шляху  $L = 18$  см. а значення  $R_f$  у даному випадку оцінюється за рівнянням  $R_f \approx 1 - \sum S_i \varphi_i$ , де

$S_i$  – елююча сила  $i$ -го розчинника,  $\varphi_i$  – об'ємна частка  $i$ -го розчинника у даній РФ (див. табл.).

Розчинник	$S_i$
бензол	0,27
толуол	0,24
ацетон	0,51
метанол	0,51
етилацетат	0,44
хлороформ	0,41

Суттєве зменшення  $R_f$  відбувається, якщо речовина може утворювати міжмолекулярні водневі зв'язки (за рахунок чого вона міцно утримується сорбентом).

2. Зобразіть схематично, як на пластині з  $\text{SiO}_2$  будуть розміщуватися один відносно одного по висоті після проведення ТШХ з «гарною» РФ плями таких сполук: а)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CHO}$ ,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ ; б)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{OH}$ ,  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ; в)  $\text{Cl}_4$ ,  $\text{HOOC-COOH}$ ,  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ . Відповідь поясніть.

Деякі сполуки настільки міцно утримуються на полярних адсорбентах (пептиди, вуглеводи), що проведення ТШХ часто не дає позитивних результатів з-за

малих значень  $R_f$ .

3. Для того, щоб аналіз сорбіту (гексан-1,2,3,4,5,6-гексолу) проходив задовільно, проводять хімічну модифікацію а) силікагелю; б) сорбіту. Наведіть реакції, що можуть бути застосовані в цих випадках. Поясніть.

**6. Регенерація.** Одного разу під час переслідування підлодки Північного флоту гітлерівським есмінцем в одному з відсіків система регенерації повітря зламалася і накопичилось багато вуглекислого газу. Ставало все важче дихати, і тут помічник капітана, який непогано знав хімію, згадав, що в них є декілька банок бінарної речовини **А**, яку їм треба було доставити до Мурманська. Речовину **А** було використано, повітря у відсіку набуло лісної свіжості і стало придатним для дихання.

При взаємодії речовини **А** з вуглекислим газом відбувається утворення кисню, об'єм якого в декілька разів більший, ніж об'єм поглинутого вуглекислого газу. Чотирьох банок по 905 г речовини **А** достатньо для регенерації 224 л (н. у.) вуглекислого газу. Врахуйте, що тиск у відсіку збільшився на 7.5 % при поглинанні половини вуглекислого газу, загальна об'ємна частка якого у повітрі підлодки складала 10 %.

1. У скільки разів більший об'єм утвореного кисню, ніж поглинутого газу?
2. Визначте речовину **А**.
3. Чому повітря набуло аромату «лісної» свіжості ?
4. Які Ви знаєте ще речовини, що використовуються для регенерації повітря в космічних та підводних човнах?
5. Якою має бути об'ємна частка вуглекислого газу у повітрі, щоб після його повної регенерації об'ємна частка кисню в утвореному повітрі складала 20 %? Який об'єм такого повітря (н. у.) можна регенерувати за допомогою чотирьох згаданих банок з речовиною **А**?

**7. Завдання експериментального туру.** На одну порцію м'якого металу **А**, який часто використовують у якості матеріалу електричної проводки, діють безбарвним розчином речовини **Б**, який має лужну реакцію. При цьому виділяється безбарвний газ **В**, який збирають в пробірку та підпалюють. Відбувається характерний хлопок. У чисту пробірку відливають розчин, який отримано після взаємодії металу **А** з розчином **Б** та додають до нього прозорий розчин **Г**, який має кислу реакцію. Спостерігають утворення білого об'ємного осаду **Д**, який при подальшому додаванні розчину **Г** розчиняється. На другу порцію того ж металу **А** діють розчином **Г** та спостерігають розчинення металу з виділенням того ж газу **В**.

Розшифруйте усі сполуки. Запишіть рівняння хімічних реакцій.

Довідкові дані: мольний об'єм  $V_M = 22.4$  л/моль, нормальні умови (н. у.) відповідають тиску 101325 Па (1 атм, 760 мм рт. ст.) та температурі  $0^\circ\text{C}$ .