

## Умови задач III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії

11 клас

### Задача 1. Природний газ та його облік

Сучасні побутові газові лічильники вимірюють об'єм газу, що крізь них проходить. У певному приватному домогосподарстві такий лічильник та досить великий фрагмент труби, що підходить до нього, знаходяться зовні будинку на повітрі. Припустимо, що: газ набуває температури труби, а труба – температури повітря на вулиці; газ протягом доби витрачається рівномірно.

Прогнозний профіль температури повітря 22 січня в м. Харків:

Час доби	2:00	5:00	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00
Температура, °С	-10	-10	-11	-8	-7	-9	-11	-12

Нехай за цю добу лічильник показав витрату  $10,00 \text{ м}^3$  газу.

1. Який об'єм матиме спожитий газ при температурі  $20^\circ\text{C}$ ?

Влітку труба 6 годин нагрівається прямим сонячним світлом до  $45^\circ\text{C}$ , а в інший час доби має середню температуру повітря:  $22^\circ\text{C}$  у світлий час (ще 11 годин) та  $18^\circ\text{C}$  в темний час. За цю добу лічильник показав витрату  $1,000 \text{ м}^3$ .

2. Обчисліть середню температуру спожитого газу та його об'єм при  $20^\circ\text{C}$ .

3. Припустивши, що в темний час доби газ не витрачався взагалі, а в інший час витрачався рівномірно, обчисліть середню температуру спожитого газу та його об'єм при  $20^\circ\text{C}$ .

Хімічний склад природного газу залежить від родовища.

Родовище	Вміст, об'ємних %				
	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{N}_2+\text{CO}_2$
Шебелинське (Харківська обл.)	92,50	2,78	0,65	0,56	3,51
Дашавське (Львівська обл.)	97,80	0,50	0,20	0,10	1,40
Уренгойське (Росія)	98,80	0,07	–	–	1,10

Державний стандарт ГОСТ 5542-87 встановлює мінімально допустиме значення теплоти згоряння природного газу побутового призначення у  $31,8 \text{ МДж/м}^3$  ( $20^\circ\text{C}$ ). Теплоти згоряння (кДж/моль) алканів:  $\text{CH}_4$  890,95;  $\text{C}_2\text{H}_6$  1560,92;  $\text{C}_3\text{H}_8$  2221,52;  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  2880,43.

4. За допомогою розрахунку визначте, чи задовольняє стандарту газ Уренгойського родовища.

5. Без виконання повних розрахунків впорядкуйте три родовища за зменшенням теплоти згоряння газу. Поясніть спосіб, у який це було зроблено.

6. Яка речовина надає характерного запаху природному газу побутового призначення?

### Задача 2. Сплав

Сплав масою  $4,602 \text{ г}$ , що складається з двох металів у еквімолярній кількості, розчинили в надлишку хлоридної кислоти з утворенням розчину хлоридів, у яких ступені окиснення металів дорівнюють  $+2$ . Надлишок хлоридної кислоти нейтралізували розчином амоніаку. В добутий розчин занурили залізну пластинку й витримали до закінчення реакції. Увесь виділений метал осів на пластинці, а її маса зросла на  $1,572 \text{ г}$ . До розчину додали надлишок розчину амоніаку, внаслідок чого випав зеленуватий осад, який на повітрі швидко набув коричневого кольору. Цей осад відфільтрували і прожарили на повітрі до сталої маси, яка склала  $1,996 \text{ г}$ ; в утвореній сполуці ступінь окиснення металу цілочисельний. Після випаровування фільтрату з подальшим прожарюванням до сталої маси твердий залишок є оксидом одного з компонентів сплаву.

1. Визначте метали, що входять до складу сплаву. Відповідь підтвердіть розрахунками.

2. Запишіть рівняння всіх описаних реакцій.

3. Обчисліть масові частки компонентів у сплаві.

4. Визначте масу твердого залишку, добутого прожарюванням із фільтрату.

5. Відомі стандартні електродні потенціали ( $B$ ) переходу  $\text{Me}^{2+}/\text{Me}$  для трьох металів із умови задачі:  $-0,764$ ;  $-0,473$ ;  $-0,140$ . Припишіть кожному з металів відповідне значення, вибір поясніть.

### Задача 3. Хімія поряд

На упаковці певної зубної пасти вказано такий склад (переклад з англійської):

"Гідрогенізований гідролізат крохмалю, вода, гідратований кремнезем, кремнезем, ароматизатор, кокамідопропілбетаїн, карбоксиметилцелюлоза, натрій флуорид, пропіленгліколь, натрій хлорид, натрій сахаринат, олафлур, метилпарабен, гліцерин, пропілпарабен, натрій бензоат, натрій сульфат, лимонен, **CI 42090**, **CI 74260**."

На іншому боці фрази: "З високоефективними фторидами: амінофторидом та натрію фторидом."

1. Співвіднесіть з цими назвами хімічні формули (для органічних речовин – структурні формули), не більше 8.

Свого часу чи не головним компонентом зубного порошку була крейда.

2. Яка функція крейди і який/які компоненти складу виконують цю функцію зараз?

Паста має бути досить густою, аби утримуватися на зубній щітці.

3. Який/які компоненти складу є загущувачами?

4. Які компоненти складу мають надати пасті приємного смаку? Приємного запаху? Цікавого кольору?

5. Яка сіль (зі складу) з бактеріостатичною дією є відомим консервантом (харчовий додаток **E211**)?

6. Які два компоненти пасту містять флуор? В якому вигляді цей елемент знаходиться і яку функцію виконує?

Парабени – це естери *para*-гідроксибензойної кислоти, їм притаманні антисептичні властивості.

7. Наведіть структурну формулу того парабену зі складу пасту, в якого більша молекулярна маса (харчовий додаток **E216**), та поясніть спосіб утворення тривіальної назви цих сполук.

Молекулярна формула кокамідопропілбетаїну  $C_{19}H_{38}N_2O_3$ .

8. Спрогнозуйте за цією формулою найсуттєвішу властивість речовини та функцію речовини в пасті.

#### Задача 4. Міцна сполука

Бінарна сполука **A** (містить 93,87% металу **X** за масою) застосовується завдяки високій твердості в ювелірній справі, для виготовлення інструментів та боєприпасів. Хімічно доволі інертна, вона при нагріванні розчиняється в концентрованій нітратній кислоті з утворенням жовтого осаду сполуки **B** та суміші газів. Якщо ж для розчинення взяти суміш концентрованих нітратної та хлоридної кислот, то утвориться розчин сполуки **B** (51,12% **X** за масою) і суміш тих самих газів.

Сполуку **B** також можна добути окисненням **A** киснем при температурі 800°C; із 1,000 г **A** виходить 1,184 г сполуки **B**. При відновленні сполуки **B** воднем утворюється метал **X**. Прожарювання сполуки **B** з надлишком простої речовини **G** призводить до утворення **A**. Речовина **B** розчиняється в концентрованому розчині амоніаку з утворенням сполуки **D**.

1. Розшифруйте сполуки **A-D** та вкажіть метал **X**.

2. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.

3. Опишіть будову найстійкішої алотропної модифікації речовини **G**, за необхідності поясніть опис малюнком.

Одній із алотропних модифікацій **A** притаманна кубічна гранецентрована гратка з довжиною ребра елементарної комірки 0,422 нм.

4. Розрахуйте значення радіусів атомів **X** та невідомого елемента, якщо атоми **X** щільноупаковані, а атоми іншого елемента заповнюють всі октаедричні порожнини.

#### Задача 5. Ізмери

Сполуки **A-D** є структурними ізомерами. При повному згорянні в надлишку кисню 5,00 г будь-якої з них утворюється лише 8,92 г  $CO_2$  та 3,65 г води. За спектроскопічними даними, кожна з них містить в молекулі групу  $>C=O$ . Лише сполука **D** існує у вигляді двох оптичних ізомерів. Всі п'ять ізомерів непогано розчинні у воді. Деякі інші властивості цих сполук наведено в таблиці.

Властивість	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>G</b>
Температура кипіння, °C	141	146	54	57
Запах	неприємний	неприємний	дика малина	фруктовий
Реакція срібного дзеркала	ні	ні	так	ні
Виділення газу з металічним Na	так	так	ні	ні
Руйнування водним розчином кислоти	ні	ні	так	так

1. Обчисліть бруutto-формулу сполук та обговоріть їхню молекулярну формулу.
2. Визначте структурні формули ізомерів *A-D*, вибір обґрунтуйте. Вкажіть, до якого класу/класів органічних сполук вони належать.
3. Запишіть рівняння реакцій, що відбуваються за даними таблиці.
4. Який спектроскопічний метод дозволяє зробити висновок щодо наявності в молекулі карбонільної групи?

Молекула ще одного структурного ізомеру, *E*, відрізняється від *D* лише положенням гідроксильної групи. Це рейтерін – антибіотик широкого спектру дії, він продукується бактерією *Lactobacillus reuteri* з гліцерину. Його молекула у воді гідратується, а далі входить у реакцію димеризації.

5. Запишіть структурні формули речовини *E*, її гідрата та згаданого димеру.
6. Яка зі сполук *A-E* розчиняється у воді найгірше? Відповідь обґрунтуйте.

### Задача 6. Complex equilibria

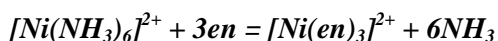
Ступінчаста константа стійкості комплексної сполуки – це константа рівноваги такого процесу:



Тут *M* – комплексоутворювач, *L* – ліганд, *i* змінюється від 1. В наступній таблиці наведено десяткові логарифми ступінчастих констант стійкості комплексів нікелю  $Ni^{2+}$  із амоніаком  $NH_3$  та етилендіаміном (1,2-діаміноетаном, *en*) при температурі 30°C.

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6
$NH_3, \lg K_i$	2,67	2,12	1,61	1,07	0,63	-0,09
<i>en, lgK<sub>i</sub></i>	7,28	6,09	4,20	–	–	–

1. Поясніть, чому четверта та вищі ступені комплексоутворення із етилендіаміном відсутні.
2. Запишіть вирази для загальної константи стійкості  $\beta_6$  комплексу з амоніаком та  $\beta_3$  комплексу з етилендіаміном через концентрації відповідних речовин, а також хімічні рівняння рівноважних процесів. Обчисліть логарифми констант  $\beta$ .
3. Обчисліть рівноважну концентрацію  $[Ni^{2+}]$  в розчині, в якому знаходяться катіони нікелю та етилендіамін із загальною концентрацією  $C_0(Ni^{2+}) = 0,0020$  моль/л,  $C_0(en) = 0,50$  моль/л.
4. Обчисліть стандартну зміну вільної енергії для реакції у водному розчині та зробіть висновок щодо самовільного її перебігу:



5. Стандартна зміна ентальпії в цій реакції складає  $-25,1$  кДж/моль. Обчисліть стандартну зміну ентропії та поясніть її знак і величину.
6. Поясніть, чому для обох лігандів ступінчасті константи стійкості монотонно зменшуються.

### Задача 7 (практична). Класифікація

Первинні (вторинні, третинні) спирти – це спирти, в яких гідроксильну групу приєднано до атома карбону, з'єднаного безпосередньо з двома атомами (одним, жодним атомом) водню. Ці три групи суттєво різняться за хімічними властивостями. Одною з реакцій, що на практиці дозволяє швидко класифікувати спирт, є проба Лукаса. Спирт вводять у взаємодію з реагентом Лукаса – розчином цинк хлориду в насиченій хлоридній кислоті.

У пронумерованих посудинах 1-3 містяться зразки первинного, вторинного, третинного спирту. Спробуємо ввести їх в такі реакції: 1) проба Лукаса, 2) взаємодія з купрум оксидом.

1. Коротко опишіть спостережувані явища, зазначте кінцевий результат експерименту.
2. Запишіть в загальному вигляді структурні формули первинного, вторинного, третинного спирту. Вуглеводневі замісники при необхідності позначайте *R, R', R''*.
3. Запишіть рівняння реакцій спиртів з купрум оксидом, зазначте, який спирт не реагуватиме.
4. Запишіть рівняння реакцій спиртів з реагентом Лукаса, зазначте, який спирт не реагуватиме.
5. На ґрунті відповідей на п.1-4 вкажіть, в якій посудині (1-3) знаходиться зразок первинного, вторинного, третинного спирту.
6. Чи існують четвертинні спирти? Наведіть приклад або поясніть, чому не існують.

## Розв'язки задач III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії

### 11 клас

Задача 1.

1. Для обчислення середньодобової температури зауважимо, що дані наведено на рівномірній сітці (інтервал 3 години), тож у найпростішому наближенні досить взяти середнє значення, яке дорівнює  $-9,75^{\circ}\text{C}$ , або ж  $263,4\text{ K}$ . За законом Гей-Люссака

$$V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = 10,00 \cdot \frac{293,15}{263,4} = 11,13 \text{ (м}^3\text{)}$$

2. Тут середньодобову температуру обчислюємо так:

$$\frac{1}{24} (6 \cdot 45 + 11 \cdot 22 + 7 \cdot 18) = 26,58 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \text{ або ж } 299,7 \text{ K. Отже, об'єм газу } 0,978 \text{ м}^3.$$

3. Так само,

$$\frac{1}{17} (6 \cdot 45 + 11 \cdot 22) = 30,12 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \text{ або ж } 303,27 \text{ K, і об'єм спожитого газу } 0,967 \text{ м}^3.$$

4. За рівнянням Клапейрона-Менделєєва,  $1\text{ м}^3$  при  $20^{\circ}\text{C}$  та стандартному тиску містить

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101300 \cdot 1}{8,314 \cdot 293,15} = 41,56 \text{ (моль) газу. Відповідно до стандарту, згорання цього газу має надати}$$

$31,8\text{ МДж}$  теплоти. З іншого боку, за складом газу з родовища,

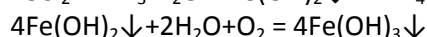
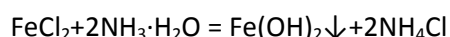
$$Q = 41,56 \cdot (0,9880 \cdot 890,95 + 0,0007 \cdot 1560,92) = 36628 \text{ (кДж) або } 36,6 \text{ МДж теплоти. Отже, газ задовольняє вимогам.}$$

5. Різницею суми відсотків від 100 нехтуємо в усіх трьох випадках. Порівняємо шебелинський та дашавський газ. В шебелинському втрачено додаткові  $3,51 - 1,40 = 2,11\%$  (метану) на негорючі компоненти, що має бути зкомпенсовано  $2,78 - 0,50 = 2,28\%$  етану. Теплота згорання етану майже удвічі вища від теплоти згорання метану, тож компенсація справді має місце (точний розрахунок такий: порівнюємо  $890,95 \cdot 0,0211 = 18,8$  та  $(1560,92 - 890,95) \cdot 0,0228 = 15,3$ , виходить, що компенсації трохи не вистачає); вищі вуглеводні ще збільшують різницю на користь шебелинського (або щонайменше компенсують цю нестачу). Тепер порівняємо уренгойський та дашавський газ. Втрачені  $1,4 - 1,1 = 0,3\%$  на негорючі компоненти так само компенсуються  $0,50 - 0,07 = 0,43\%$  етану ( $890,95 \cdot 0,003 = 2,67$  порівняно з  $(1560,92 - 890,95) \cdot 0,0043 = 2,88$ ), інші складові збільшують різницю на користь дашавського. Отже, за зменшенням теплотвірної здатності газу родовища впорядковуються так: Шебелинське, Дашавське, Уренгойське.

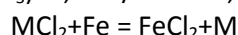
6. Всі наведені в таблиці компоненти природного газу не мають запаху. До газу побутового призначення навмисно додають меркаптани – органічні сполуки, споріднені із сірководнем. Ці сполуки характеризуються надзвичайно сильним запахом, тож дуже невеликої їхньої кількості досить, аби надати запах газу.

Задача 2.

1-2.

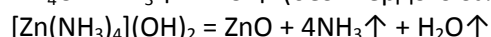
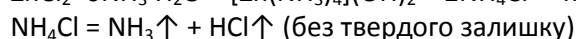
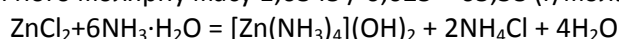


$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1,996 / 160 = 0,0125 \text{ (моль)}, n(\text{Fe}) = 0,025 \text{ моль.}$$



Залізо розчиняється, а метал М осідає на пластинці. Якщо в реакцію входить 1 моль металу, маса пластинки збільшується на  $(A(\text{M}) - 56)$  г, а якщо входить 0,025 моль металу, маса збільшиться на  $0,025 \cdot (A(\text{M}) - 56)$  г, що за умовою дорівнює 1,572 г. Отже,  $A(\text{M}) = 118,8$  г/моль – це Sn.

За складом вихідного сплаву знаходимо масу другого його компонента:  $4,602 - 118,7 \cdot 0,025 = 1,6345$  (г), а далі його молярну масу  $1,6345 / 0,025 = 65,38$  (г/моль), це Zn.



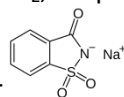
3. Масові частки у сплаві: Zn – 35,5%, Sn – 64,5%.

4.  $n(\text{ZnO}) = 0,025$  моль,  $m(\text{ZnO}) = 2,035$  г.

5. Залізо активніше від олова, а цинк активніший від заліза. В умові наведено потенціали відновлення, тобто знак зворотний. Отже, Sn:  $-0,140$ , Fe:  $-0,473$ , Zn:  $-0,764$ .

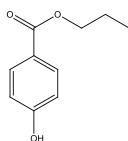
### Задача 3.

1. Вода  $H_2O$ , гідратований кремнезем  $H_2SiO_3$ , кремнезем  $SiO_2$ , натрій флуорид  $NaF$ , пропіленгліколь



$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_3$ , натрій хлорид  $NaCl$ , натрій сахаринат, гліцерин  $CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$ , натрій бензоат  $PhCOONa$ , натрій сульфат  $Na_2SO_4$ , парабени з питання 7.

- М'який абразив для механічного очищення. Кремнезем звичайний та гідратований.
- Гідратований кремнезем, карбоксиметилцелюлоза, пропіленгліколь, гліцерин.
- Смак: гідрогенізований гідролізат крохмалю, натрій хлорид, натрій сахаринат. Запах: ароматизатор, лимонен. Колір: харчові барвники CI 42090, CI 74260 (CI – "Color Index International").
- Натрій бензоат.
- Натрій флуорид (очевидно) та олафлур (те ж саме, що амінофторид, обидві назви позасистемні) – органічна речовина, назва містить корінь "флур", подібний до "флуор". Флуорид-іони зміцнюють зубну емаль.



- пара-гідроксибензойної.
- Формула подібна до жирних кислот – довгий вуглеводневий "хвіст" та гідрофільна частина з киснем та нітрогеном. Слід припустити, що це поверхнево-активно речовина.

### Задача 4.

1. З умови задачі очевидно, що речовина **Б** - це оксид.

Тоді масова частка металу **Х** в цьому оксиді:

$$\omega(X) = 1 \cdot 0.9387 / 1.184 = 0.7928; \text{ Б} - X_2O_n; M(X) = 30.61n; n=6; \text{ Б} - WO_3$$

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>Д</b>	<b>Х</b>
WC	$WO_3$	$H_2[WC l_4O_2]$	С	$(NH_4)_2WO_4$	W

- $WC + 10HNO_3 \rightarrow WO_3 + CO_2 + 10NO_2 + 5H_2O$ ,  
 $WC + 10HNO_3 + 4HCl \rightarrow H_2[WC l_4O_2] + CO_2 + 10NO_2 + 6H_2O$ ,  
 $WC + 2O_2 \rightarrow WO_3 + CO$  (1000 °C),  
 $WO_3 + 3H_2 \rightarrow W + 3H_2O$ ,  
 $WO_3 + 4C \rightarrow WC + 3CO$ ,  
 $WO_3 + 2NH_3 + H_2O \rightarrow (NH_4)_2WO_4$ .
- Графіт має шарову будову, шари складаються з шестичленних кілець і дещо зсунуті один відносно одного, так, аби атоми карбону не знаходилися один над одним.
- В комірі такої ґратки діагональ однієї грані дорівнює  $4 \cdot r(W)$ , а одна сторона – це  $(2 \cdot r(W) + 2 \cdot r(C))$ . Тоді:  $r(W) = 0.149$  нм;  $r(C) = 0.062$  нм.

### Задача 5.

1.  $n(CO_2) = 8,92/44 = 0,203$  (моль),  $n(H_2O) = 3,65/18 = 0,203$  (моль).  
 $n(C) = 0,203$  моль,  $n(H) = 0,406$  моль і загальна маса  $2,436 + 0,406 = 2,842$  (г), що менше маси вихідної сполуки, отже, вона містить також кисень.  $n(O) = (5,00 - 2,842)/16 = 0,135$  (моль).

$$n(C):n(H):n(O) = 0,203:0,406:0,135 = 1,5:3:1 = 3:6:2$$

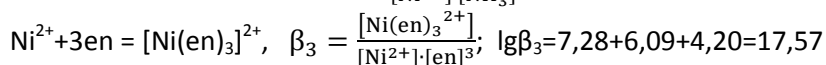
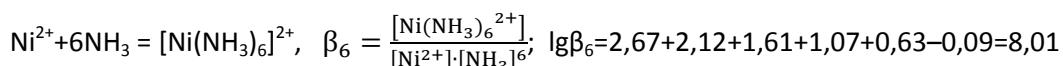
Формула  $C_3H_6O_2$  є брутто-формулою речовин. Молекулярна формула така сама. Вона могла би бути також подвоєною, але температури кипіння сполуки  $C_6H_{12}O_4$  найімовірніше перевищуватимуть  $50^\circ C$ .

- А** – пропіонова кислота, **Б** – гідроксиацетон, **В** – етилформіат, **Г** – метилацетат, **Д** – 2-гідроксипропаналь, **Е** – 3-гідроксипропаналь.
- 
- Коливальна, або інфрачервона, спектроскопія. Наявність карбонільної групи також виявляється в електронному спектрі поглинання (УФ-спектр), але там положення смуги дуже неспецифічне, бо сильно залежить від супряження карбонільної групи.
- Всі сполуки, що містять гідроксильну групу, мають розчинятися краще. Обираючи з двох естерів, зупинимося на етилформіаті, який містить довший гідрофобний хвіст (етил).

Задача 6.

1. Етилендіамін – бідентатний ліганд, трьох його молекул досить, аби надати комплексоутворювачу 6 електронних пар. Координаційне число  $Ni^{2+}$  становить 6.

2.



3. Вираз для частки при комплексоутворенні:

$$\alpha_{Ni^{2+}} = \frac{1}{1 + \beta_1 [en] + \beta_2 [en]^2 + \beta_3 [en]^3}$$

Припустивши, що рівноважна концентрація етилендіаміну дорівнює початковій (чи то загальній) – це непогане припущення, оскільки з 0,50 моль/л на комплексоутворення витратиться щонайбільше 0,006 моль/л, похибка близько 1%, – отримуємо для частки  $[Ni^{2+}]$ :

$$\alpha_{Ni^{2+}} = \frac{1}{1 + 10^{7,28} \cdot 0,5 + 10^{13,37} \cdot 0,5^2 + 10^{17,57} \cdot 0,5^3} = 2,15 \cdot 10^{-17}$$

$$[Ni^{2+}] = \alpha_{Ni^{2+}} \cdot c_{Ni^{2+}} = 4,3 \cdot 10^{-20} \text{ моль/л}$$

Значимо, що завдяки великій константі  $\beta_3$  та значному відношенню концентрацій етилендіаміну до ніколу можна знехтувати нижчими ступенями комплексоутворення і замість точної формули провести обчислення рівноважного складу за другим рівнянням п.2. Також наближення, в якому взято  $[en] = 0,50 - 0,006 = 0,494$  моль/л, буде дещо точнішим, але несуттєво.

4.  $\Delta G^0 = -RT \ln \beta_3 = -8,314 \cdot 298 \cdot (17,57 - 8,01) \cdot 2,303 = -54548$  (Дж) або  $-54,5$  кДж. Ця значна негативна величина означає, що реакція має відбуватися самовільно.

5.  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ , звідси  $\Delta S = 98,8$  Дж/(К·моль). Така значна позитивна величина спричинена тим, що в реакції суттєво (майже удвічі) збільшується кількість частинок.

6. Свою роль відіграє як ентропійний внесок (значно ймовірніше знайти в координаційній сфері молекулу води, ніж амоніаку, якщо реакція відбувається у водному розчині), так і стеричний ефект (пірамідальна молекула амоніаку займає дещо більше місця в першій координаційній сфері, аніж плоска молекула води).

Задача 7.

1. Проба Лукаса: в одній пробірці реакція миттєва, у другій лише після нагрівання, у третій не спостерігається. Мідна дротинка: оксид не відновлюється тим спиртом, який миттєво дав пробу Лукаса, та відновлюється двома іншими.

2.  $RCH_2OH$ ,  $RR'CH(OH)$ ,  $RR''C(OH)$ .

3. Не реагує третинний, інші окиснюються до альдегіду (первинний) чи кетону (вторинний).

4. Не реагує первинний, вторинний повільно при нагріванні, третинний миттєво. Відбувається заміщення гідроксильної групи атомом хлору.

5.

6. Не існують, оскільки валентність карбону лише 4.