

10 клас

**1. Back-to-School.** Серед різноманіття дисциплін, що викладаються на хімічному факультеті Університету, сталою популярністю користується спецкурс «Біонеорганічна та фармацевтична хімія». Далі наведено невеличкий уривок методичних вказівок до однієї з лабораторних робіт відповідного спецкурсу: «Бюретки ... заповніть буферним розчином, що містить амоніак ( $3.2 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ ) та  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ( $0.8 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ ), а також розчином комплексонату заліза(III), який містить суміш ...  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  ( $2.5 \cdot 10^{-2} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ ), натрій етилендіамінтетраацетату ( $0.05 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ ) та амоніаку ...». Здавалося б, немає нічого складного, але всі зазначені розчини, так само як і багато десятків інших, мають бути заздалегідь приготовлені.

1. Розрахуйте об'єм «аптечного» нашатирного спирту (10 %,  $0.957 \text{ кг} \cdot \text{л}^{-1}$ ), що необхідний для приготування 200 мл робочого розчину амоніаку.

2. Розрахуйте масу наважки нашатирю, яка необхідна для приготування 150 мл відповідного розчину.

3. Розрахуйте масу залізоамонійних галунів –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ , що необхідна для приготування 100 мл розчину заліза(III).

4. Розрахуйте масу наважки трилону Б або ж хелатону III ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2$ ) дигідрату, яку необхідно взяти для приготування 250 мл розчину комплексону.

**2. Алкановий синтез.** У 1855 році відомим французьким хіміком була відкрита іменна реакція подвоєння вуглецевого ланцюга. Сутність новітнього, як на той час, методу полягає у взаємодії алкілгалогенідів ( $\text{C}_n\text{H}_m\text{Hal}_k$ , де  $\text{Hal} = \text{Cl}$  або  $\text{Br}$ ) з металом, у класичному варіанті – з натрієм.

1. Назвіть прізвище вченого, що відкрив вищезгадану реакцію.

Відкрита реакція має ряд суттєвих недоліків. Так, наприклад, неможливо селективно синтезувати несиметричні алкани, а також використання третинних алкілгалогенідів призводить до протікання ряду побічних перетворень, які не дозволяють отримати цільову сполуку з високим виходом.

2. Чому метод не дозволяє селективно синтезувати несиметричні алкани? Відповідь підтвердіть відповідними схемами реакцій.

3. Які побічні перетворення відбуваються при використанні третинних алкілгалогенідів? Відповідь підтвердіть відповідними схемами реакцій.

У подальшому зазначений метод зазнав ряд модифікацій, які дозволили покращити його ефективність. Одна з модифікацій полягає у використанні металу X. Наприклад, для реакції з невідомим бромалканом ( $w(\text{C}) = 29.30 \%$ ) масою 6.15 г необхідно усього 1.63 г металу X.

4. Встановіть бруто-формулу бромалкану та метал X. Наведіть можливі продукти реакції.

Альтернативним розвитком методу стала його внутрішньомолекулярна реалізація. У 1895 році виходячи з алкілгалогеніду Y ( $w(\text{C})_Y = 28.35 \%$ ), що має ряд геометричних ізомерів, класичним методом була несподівано синтезована

біциклічна сполука **Z**, а також дві солі зі співвідношенням молярних мас 1:1.76.

5. За допомогою розрахунків встановіть брутто-формули сполук **Y** та **Z**.

6. Наведіть будову речовин **Z** та **Y** з урахуванням геометричних ізомерів.

**3. Най-найякісніший аналіз.** Юний хімік, зайшовши до лабораторії, побачив розчин сполуки **A**, яка є середньою натрієвою сіллю кислоти **B**. Речовина **B** за температури 298.15 K та тиску 100 кПа є трьохатомним газом із густиною  $1.375 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ .

1. Встановіть формули сполук **A** та **B**.

У лабораторії також є розчини солей 1–6. Розчин солі 1 має блакитний колір, солі 2 – зелений, а інші розчини безбарвні. Юний Хімік провів ряд дослідів з розчинами солей 1–6. Спочатку він до всіх розчинів додав розчин солі **A**. У розчинах солей 1, 2, 3 та 4 утворилися осади чорного, брудно-зеленого, жовтого та білого кольорів, відповідно. У розчині солі 2 також виділився газ **B** з вкрай неприємним запахом. Осади, що були утворені з солей 2 та 4, розчиняються у HCl, а осад, утворений з розчину солі 3, – у надлишку розчину **A**. До розчинів солей 5 та 6 Юний Хімік додав розчин натрій сульфату, в наслідок чого утворився осад білого кольору тільки в першому випадку.

Юний Хімік розпилив вихідні розчини у полум'ї пальника. Розчини солей 1 та 5 дали зелене забарвлення, розчин солі 3 – жовте, а розчин солі 6 – фіолетове. Потім Юний Хімік додав до вихідних розчинів розчин нітрату срібла. З розчину солі 2 випав осад білого кольору, з розчину солі 5 – жовтуватого, а з розчину солі 6 – осад жовтого кольору, розчинний у надлишку нітратної кислоти. До інших же розчинів було додано розчин солі 5, у результаті чого з розчинів солей 1 та 4 випали білі осади, нерозчинні у надлишку хлоридної кислоти.

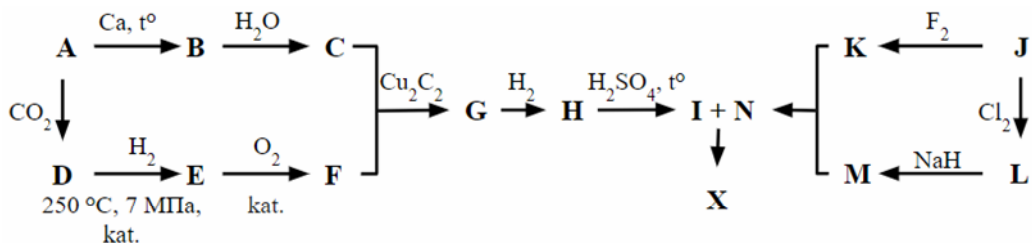
2. Визначте сполуки 1–6, якщо відомо: зневоднений брудно-зелений осад з розчину солі 2 каталізує окиснення амоніаку до монооксиду азоту; сіль 3 – це комплексна сполука ( $w(\text{F})_3 = 40.9 \%$ ); в осаді, утвореному з розчину сполуки 3 масова частка неметалу складає 35.1 %; мінерал, що має такий самий якісний та кількісний склад як і білий осад з розчину 4, має назву сфалерит; сполука 5 має молярну масу в діапазоні 270–330 г·моль<sup>-1</sup>.

3. Наведіть рівняння хімічних реакцій для всіх зазначених перетворень.

4. Якими ще способами можна розрізнити катіони у сполуках 3 та 6?

**4. Ред-Окс озоноліз.** Озоноліз алкенів – один з найважливіших методів окисного розщеплення подвійного зв'язку. При приєднанні молекули озону спочатку утворюються малостабільні мольозоніди, які потім перегруповуються у більш стійкі озоніди. Останні не виділяють в індивідуальному вигляді, а відразу розщеплюють під дією різних реагентів. Розрізняють відновне (I) та окисне (II) розщеплення, що відображено нижче на загальній схемі озонолізу.





Відомо наступне: **E** – отрута, від якої людина втрачає зір та, навіть, може втратити життя; **G** – містить дві гідроксо-групи у молекулі ( $w(\text{O})_{\text{G}} = 37.2\%$ ); **I** – популярний органічний розчинник ( $w(\text{C})_{\text{I}} = 66.6\%$ ); **M** – комплексна сполука, надсильний відновник ( $w(\text{Na})_{\text{M}} = 60.8\%$ ); **N** – газ, молекула якого є електронно-дефіцитною; **X** – продукт приєднання.

1. Розшифруйте сполуки **A–N** та **X**, а також наведіть будову їх молекул (для речовин **B** та **M** достатньо навести структури відповідних аніонів).
2. Наведіть рівняння хімічних реакцій для всіх зазначених перетворень.
3. Чи можна отримати бензен з **C**? Якщо так, то яким чином?

**7. Якісні речовини (завдання експериментального туру).** Для якісного аналізу були приготовлені чотири розчини широко відомих сполук **R<sub>1</sub>–R<sub>4</sub>**. Вихідні дані про розчини зашифрованих сполук зведені в нижченаведеній таблиці.

Сполука	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>
Склад (частково)	$\text{K}^+$	$\text{K}^+$	$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$	$\text{Na}^+$
Колір розчину	фіолетовий	–	–	–

До розчину речовини **R<sub>1</sub>**, який був надлишково підкислений сульфатною кислотою, повільно доливаємо розчин сполуки **R<sub>2</sub>** та спостерігаємо утворення бурої суспензії – осад **P<sub>1</sub>**. Частину отриманої суспензії переносимо до чашки Петрі та додаємо по краплинах розчин сполуки **R<sub>3</sub>**, яку застосовують у побуті, після чого спостерігаємо забарвлення вихідної суспензії у характерний темно-синій колір – осад **P<sub>2</sub>**. Залишок бурої суспензії розділяємо на дві рівні частини, доливаємо до однієї надлишок розчину сполуки **R<sub>2</sub>** та спостерігаємо розчинення осаду **P<sub>1</sub>** з утворенням червоно-коричневого розчину сполуки **R<sub>3</sub>**.

Надлишок розчину речовини **R<sub>4</sub>**, яка широко застосовується у кількісному аналізі, додаємо до суспензії у чашці Петрі (осад **P<sub>2</sub>**), до забарвленого розчину сполуки **R<sub>3</sub>**, а також до залишку бурої суспензії (осад **P<sub>1</sub>**). В усіх трьох випадках спостерігаємо утворення безбарвних розчинів сполуки **R<sub>2</sub>\***, що за своїм якісним складом принципово не відрізняється від **R<sub>2</sub>**. З часом спостерігаємо блідо-жовте помутніння всіх трьох розчинів – утворення простої речовини **P<sub>4</sub>**, а також відчуваємо характерний задушливий «запах від запаленого сірника» – вивільнення газу **P<sub>5</sub>**.

1. Складіть схему перетворень, що спостерігалися в ході якісного аналізу.
2. Розшифруйте вихідні речовини **R<sub>1</sub>–R<sub>4</sub>**, а також сполуки **P<sub>1</sub>–P<sub>5</sub>** та **R<sub>2</sub>\***.
3. Наведіть рівняння хімічних реакцій для всіх проведених перетворень.
4. Що візуально спостерігатиметься, якщо до розчину сполуки **R<sub>1</sub>**, що був підкислений етановою кислотою, долити розчин **R<sub>4</sub>**? Як довести якісний склад продуктів реакції? Наведіть відповідні рівняння хімічних реакцій.

## Періодична система елементів Д. І. Менделєєва

<b>1</b>																<b>18</b>	
<b>1</b> H 1.008																<b>2</b> He 4.003	
<b>3</b> Li 6.94	<b>4</b> Be 9.01											<b>5</b> B 10.81	<b>6</b> C 12.01	<b>7</b> N 14.01	<b>8</b> O 16.00	<b>9</b> F 19.00	<b>10</b> Ne 20.18
<b>11</b> Na 22.99	<b>12</b> Mg 24.30	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b> Al 26.98	<b>14</b> Si 28.09	<b>15</b> P 30.97	<b>16</b> S 32.06	<b>17</b> Cl 35.45	<b>18</b> Ar 39.95
<b>19</b> K 39.10	<b>20</b> Ca 40.08	<b>21</b> Sc 44.96	<b>22</b> Ti 47.87	<b>23</b> V 50.94	<b>24</b> Cr 52.00	<b>25</b> Mn 54.94	<b>26</b> Fe 55.85	<b>27</b> Co 58.93	<b>28</b> Ni 58.69	<b>29</b> Cu 63.55	<b>30</b> Zn 65.38	<b>31</b> Ga 69.72	<b>32</b> Ge 72.64	<b>33</b> As 74.92	<b>34</b> Se 78.96	<b>35</b> Br 79.90	<b>36</b> Kr 83.80
<b>37</b> Rb 85.47	<b>38</b> Sr 87.62	<b>39</b> Y 88.91	<b>40</b> Zr 91.22	<b>41</b> Nb 92.91	<b>42</b> Mo 95.96	<b>43</b> Tc -	<b>44</b> Ru 101.07	<b>45</b> Rh 102.91	<b>46</b> Pd 106.42	<b>47</b> Ag 107.87	<b>48</b> Cd 112.41	<b>49</b> In 114.82	<b>50</b> Sn 118.71	<b>51</b> Sb 121.76	<b>52</b> Te 127.60	<b>53</b> I 126.90	<b>54</b> Xe 131.29
<b>55</b> Cs 132.91	<b>56</b> Ba 137.33	<b>57-71</b>	<b>72</b> Hf 178.49	<b>73</b> Ta 180.95	<b>74</b> W 183.84	<b>75</b> Re 186.21	<b>76</b> Os 190.23	<b>77</b> Ir 192.22	<b>78</b> Pt 195.08	<b>79</b> Au 196.97	<b>80</b> Hg 200.59	<b>81</b> Tl 204.38	<b>82</b> Pb 207.2	<b>83</b> Bi 208.98	<b>84</b> Po -	<b>85</b> At -	<b>86</b> Rn -
<b>87</b> Fr -	<b>88</b> Ra -	<b>89-103</b>	<b>104</b> Rf -	<b>105</b> Db -	<b>106</b> Sg -	<b>107</b> Bh -	<b>108</b> Hs -	<b>109</b> Mt -	<b>110</b> Ds -	<b>111</b> Rg -							

<b>57</b> La 138.91	<b>58</b> Ce 140.12	<b>59</b> Pr 140.91	<b>60</b> Nd 144.24	<b>61</b> Pm -	<b>62</b> Sm 150.36	<b>63</b> Eu 151.96	<b>64</b> Gd 157.25	<b>65</b> Tb 158.93	<b>66</b> Dy 162.50	<b>67</b> Ho 164.93	<b>68</b> Er 167.26	<b>69</b> Tm 168.93	<b>70</b> Yb 173.05	<b>71</b> Lu 174.97
<b>89</b> Ac -	<b>90</b> Th 232.04	<b>91</b> Pa 231.04	<b>92</b> U 238.03	<b>93</b> Np -	<b>94</b> Pu -	<b>95</b> Am -	<b>96</b> Cm -	<b>97</b> Bk -	<b>98</b> Cf -	<b>99</b> Es -	<b>100</b> Fm -	<b>101</b> Md -	<b>102</b> No -	<b>103</b> Lr -

**Таблиця розчинності неорганічних сполук**

Іони	Br <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Γ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	OH <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	S <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Ag <sup>+</sup>	Н	М	Н	Н	Н	Р	Н	Р	-	Н	Н	М
Al <sup>3+</sup>	Р	+	?	-	Р	М	Р	Р	Н	Н	+	Р
Ba <sup>2+</sup>	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р	Р	Н	Р	Н
Be <sup>2+</sup>	Р	+	?	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	+	Р
Ca <sup>2+</sup>	Р	Р	Р	Н	Р	Н	Р	Р	М	Н	М	М
Cd <sup>2+</sup>	Р	Р	М	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Co <sup>2+</sup>	Р	Р	Н	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Cr <sup>3+</sup>	Р	+	Н	-	Р	М	Н	Р	Н	Н	+	Р
Cs <sup>+</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Cu <sup>2+</sup>	Р	Р	Н	+	Р	Р	-	Р	Н	Н	Н	Р
Fe <sup>2+</sup>	Р	Р	Н	+	Р	М	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Fe <sup>3+</sup>	Р	-	-	-	Р	Н	-	Р	Н	Н	-	Р
Hg <sup>2+</sup>	М	Р	Р	-	Р	+	Н	+	-	Н	Н	+
Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	Н	М	-	Н	Н	М	Н	+	-	Н	-	Н
K <sup>+</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Li <sup>+</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	М	Р	Р
Mg <sup>2+</sup>	Р	Р	Р	М	Р	Н	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Mn <sup>2+</sup>	Р	Р	Н	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	+	Р
Na <sup>+</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Ni <sup>2+</sup>	Р	Р	Н	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Pb <sup>2+</sup>	М	Р	Н	+	М	М	М	Р	Н	Н	Н	Н
Rb <sup>+</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Sn <sup>2+</sup>	+	+	-	-	+	М	М	+	Н	Н	Н	Р
Sr <sup>2+</sup>	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р	Н
Tl <sup>+</sup>	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Р	Р	М	Н	М
Zn <sup>2+</sup>	Р	Р	Н	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р

Позначення: Р – добре розчинний; М – малорозчинний; Н – практично нерозчинний; + – повністю реагує з водою чи не випадає з водного розчину; - – не існує, ? – дані про розчинність відсутні.