

Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников

по химии

2017-2018 учебный год

11 класс

Максимальный балл – 87 баллов

Задание 11.1. (максимум 10 баллов)

Объясните термины «твердые растворы» и «жидкие кристаллы». Какими свойствами они обладают?

Решение:

Твердый раствор — система переменного состава, где атомы различных примесных элементов распределены в общей кристаллической решетке основного кристаллического вещества. Твердые растворы способны образовывать все кристаллические вещества. Атомы примеси могут располагаться в основной кристаллической решетке по-разному: упорядоченно и хаотически. Принято считать, что твердые растворы образуются лучше в том случае, если различие радиусов атомов основного и примесного вещества не превышает 15% – **5 баллов.**

Жидкие кристаллы образуют вещества, имеющие молекулы удлинённой формы. По степени упорядоченности жидкие кристаллы занимают промежуточное положение между жидкостями и твердыми кристаллами. Жидкие кристаллы характеризуются свойствами жидкости — текучестью и твердого кристалла — анизотропией, т.е. зависимостью физических свойств от направления. Другими словами, структура жидкого кристалла легко изменяется при некоторых внешних воздействиях (магнитное или электрическое поле) с изменением свойств – **5 баллов.**

Допускаются иные варианты ответов свойств.

Задание 11.2. (максимум 20 баллов)

Допишите недостающие вещества в уравнения химических реакций, расставьте коэффициенты:

1. $\text{NH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} = \text{N}_2 + \dots + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \dots$
3. $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \dots + \dots$
4. $\text{CrCl}_3 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2 = \dots + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{KOH} + \dots = \text{KNO}_3 + \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$
6. $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots + \dots$
7. $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{Br}_2 + \dots = \text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots$
9. $\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} + \dots$
10. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \dots$

Решение:

1. $2\text{NH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 6\text{KOH} = \text{N}_2 + 6\text{K}_2\text{MnO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$
2. $3\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH}$
3. $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 + 2\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$
4. $2\text{CrCl}_3 + 10\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 6\text{NaCl} + 8\text{H}_2\text{O}$
5. $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 3\text{KNO}_2 + 2\text{KOH} + 5\text{H}_2\text{O} = 3\text{KNO}_3 + 2\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$
6. $6\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$
7. $2\text{Fe}(\text{OH})_2 + 3\text{Br}_2 + 10\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KBr} + 8\text{H}_2\text{O}$
8. $\text{H}_2\text{S} + 4\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$
9. $2\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$
10. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Задание 11.3. (максимум 12 баллов)

Свежеприготовленная смесь пропанола и пропионовой кислоты может прореагировать с 100 мл 4,04% -ного раствора гидрокарбоната натрия (плотность раствора 1,04 г/мл). Выделившийся при этом газ занимает в 12 раз меньший объём, чем тот же газ, образующийся при полном сгорании такого же количества исходной смеси (объёмы газов измерены при одинаковых условиях).

Рассчитайте массовые доли (в %) компонентов исходной смеси.

Изменится ли объём газа, выделяющегося при опытах, если для проведения эксперимента взять смесь, приготовленную несколько дней назад?

Решение:

1	Написаны уравнения реакций: $C_3H_7OH + NaHCO_3 \neq$ $C_2H_5COOH + NaHCO_3 \rightarrow C_2H_5COONa + H_2O + CO_2\uparrow$ (1) $M = 74 \text{ г/моль}$ $M = 84 \text{ г/моль}$ $2C_2H_5COOH + 7O_2 \rightarrow 6CO_2\uparrow + 6H_2O$ (2) $2C_3H_7OH + 9O_2 \rightarrow 6CO_2\uparrow + 8H_2O$ (3) $M = 60 \text{ г/моль}$	3 балла
2	Рассчитано количества вещества $NaHCO_3$: $n(NaHCO_3) = 100 \cdot 1,04 \cdot 0,404/84 = 0,5 \text{ моль}$	1 балл
3	Рассчитана масса пропионовой кислоты: $n(C_2H_5COOH) = n(NaHCO_3) = 0,05 \text{ моль}$ $m(C_2H_5COOH) = M \cdot n = 74 \cdot 0,05 = 3,7 \text{ г}$	1 балл
4	Найдено количество вещества CO_2 по уравнению (1): $n(CO_2) = n(C_2H_5COOH) = 0,05 \text{ моль}$	1 балл
5	Найдено количество вещества CO_2 , образовавшееся при сгорании исходной смеси: $n(CO_2, \text{ образ. при сгорании исходной смеси}) = 0,05 \cdot 12 = 0,6 \text{ моль}$	1 балл
6	Найдено количество вещества CO_2 по уравнению (2): $n(CO_2) = 3n(C_2H_5COOH) = 0,15 \text{ моль}$	1 балл
7	Рассчитано количество вещества и масса пропанола: $n(C_3H_7OH) = 1/3 n(CO_2) = 0,45/3 = 0,15 \text{ моль}$ $m(C_3H_7OH) = 0,15 \cdot 60 = 9 \text{ г}$	1 балл
8	Рассчитана масса смеси и массовые доли её компонентов: $m(\text{исх. смеси}) = m(C_2H_5COOH) + m(C_3H_7OH) = 3,7 + 9 = 12,7 \text{ г}$ $\omega(C_3H_7OH) = 9/12,7 = 0,7087$, или 70,87% $\omega(C_2H_5COOH) = 3,7/12,7 = 0,2913$, или 29,13%	2 балла
9	При долгом хранении смеси устанавливается химическое равновесие: $C_2H_5COOH + C_3H_7OH \leftrightarrow C_2H_5COOC_3H_7 + H_2O$ Это приводит к уменьшению количества кислоты. Отсюда, при взаимодействии долгостоящей смеси с гидрокарбонатом натрия CO_2 будет выделяться меньше, чем при реакции со свежеприготовленной смесью. При сгорании исходной смеси количество вещества CO_2 не зависит от того, есть в смеси эфир или нет.	1 балл
ИТОГО		12 баллов

Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задачи решены оригинальным способом.

Задание 11.4. (максимум 20 баллов)

Аккуратное нагревание смеси веществ **A** (белый порошок массой 16,7 г) и **B** (серые кристаллы массой 25,4 г) дает смесь трех продуктов в равном мольном соотношении: **C** (желтый порошок массой 23,5 г), **D** (бесцветная жидкость объемом 14,2 г) и **E** (бесцветный газ объемом 2,24 л при н.у.). Вещество **A** растворимо в воде; при добавлении к полученному раствору водного аммиака образуется осадок, который при дальнейшем добавлении избытка водного аммиака растворяется. Вещество **B** нерастворимо в воде; при реакции спиртового раствора **B** с водным аммиаком в осадок выпадают взрывчатые кристаллы. Вещество **C** нерастворимо в воде, однако заметно растворяется в водном аммиаке. Жидкость **D** не смешивается с водой, но взаимодействует с водным аммиаком. Газ **E** слабо растворим в воде, но легко поглощается водным аммиаком.

1. Напишите формулы зашифрованных веществ, упомянутые в задаче.

2. Напишите уравнения реакций всех процессов (7 уравнений).

Решение:

1. Сначала по закону сохранения массы рассчитаем массу газа **E**:

$$16,7 + 25,4 - 23,5 - 14,2 = 4,4 \text{ г};$$

следовательно, молярная масса **E**:

$$4,4 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 44 \text{ г/моль}.$$

Простейший газ, обладающий такой молярной массой, это CO_2 .

2. В соответствии с условием задачи CO_2 – **E** слабо растворим в воде, но легко поглощается водным аммиаком:



3. Далее, вычислим молярную массу серых кристаллов **B**:

$$n \times 25,4 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = n \times 254 \text{ г/моль}$$

(где n – стехиометрическое соотношение между **B** и **E** в реакции).

В простейшем случае $n = 1$ массе **B** соответствует I_2 , который нерастворим в воде, а при реакции в спиртовом растворе с водным аммиаком дает осадок взрывчатых кристаллов NI_3 (точнее $\text{NI}_3 \cdot \text{NH}_3$):



4. Аналогичным образом рассчитаем молярные массы веществ **A**, **C** и **D**:

$$M(\text{A}) = n \times 16,7 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = n \times 167 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}) = 23,5 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 235 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{D}) = 14,2 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 142 \text{ г/моль}$$

Поскольку **E** не содержит атомы йода, то вещество **C** или **D** должны их содержать. Попробуем вычесть молярную массу йода из молярной массы **C**: $235 - 127 = 108 \text{ г/моль}$, что соответствует массе атома серебра. Таким образом, разумно предположить, что **C** – это AgI – желтый порошок нерастворимый в воде, однако заметно растворимый в водном аммиаке:

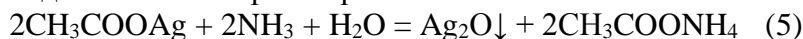


5. Теперь попробуем вычесть молярную массу йода из молярной массы **D**:

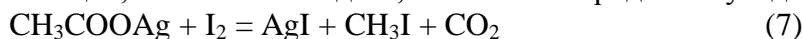
$142 - 127 = 15 \text{ г/моль}$, что соответствует массе группы CH_3 . Таким образом, разумно предположить, что **D** – это CH_3I – бесцветная жидкость, которая не смешивается с водой, но взаимодействует с водным аммиаком:



6. По закону сохранения, оставшееся неразгаданным вещество **A** имеет состав $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Ag}$, т.е. CH_3COOAg – растворимое в воде вещество. При добавлении к его раствору водного аммиака образуется осадок, который при дальнейшем добавлении избытка водного аммиака растворяется:



Реакция, описанная в задаче, носит имя Бородина-Хундикера:



Баллы за правильное определение веществ:
A = CH_3COOAg (2 балла)
B = I_2 (1 балл)
C = AgI (1 балл)
D = CH_3I (1 балл)
E = CO_2 (1 балл)
7 уравнений реакций – по 2 балла за каждое.
Всего – 20 баллов.

Задание 11.5. (максимум 25 баллов)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАДАЧА

В пяти пробирках находятся водные растворы глицерина, глюкозы, формалина, муравьиной и уксусной кислот. Используя, находящиеся на столе реагенты и оборудование, определите вещества в пробирках. Опишите ход определения. Напишите уравнения реакций, на основании которых произведено определение веществ.

Реагенты: 5%-ный р-р NaOH , 5% -ный р-р CuSO_4 , 10%-ный р-р NaHCO_3

Оборудование: штатив с пробирками, водяная баня, предметное стекло, стеклянная палочка.

Запишите правила безопасной работы в химической лаборатории

(не более 5 правил)

«__» _____ 2017 год

/роспись участника Олимпиады за ТБ/

Запишите ход определения веществ в пробирках:

Запишите уравнения реакций

Итог эксперимента:

№ пробирки	Химическая формула вещества
1	
2	
3	
4	
5	

Балл и роспись учителя в кабинете (от 0 до 3 баллов)

Баллы за верную последовательность действий участника при работе, за технику безопасности при выполнении эксперимента, за чистоту на рабочем месте после проведения эксперимента.

_____ баллов
Учитель _____
подпись учителя

ФИО

Критерии оценивания выполнения эксперимента

№ п/п	Критерии	Баллы																								
1	Балл за верную последовательность действий участника при работе (ставит учитель в кабинете)	1 балл																								
2	Балл за технику безопасности при выполнении эксперимента, за чистоту на рабочем месте после проведения эксперимента (ставит учитель в кабинете)	1 балл																								
3	Запись цели эксперимента, формул веществ, выданных организаторами.	1 балл																								
4	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>глицерин</td> <td>глюкоза</td> <td>формалин</td> <td>муравьиная кислота</td> <td>уксусная кислота</td> </tr> <tr> <td>NaOH + CuSO₄ (обычн. условия)</td> <td>ярко-синий раствор</td> <td>ярко-синий раствор</td> <td>—</td> <td>растворение осадка</td> <td>растворение осадка</td> </tr> <tr> <td>NaOH + CuSO₄ при t⁰</td> <td>—</td> <td>красно-оранжевый осадок</td> <td>красно-оранжевый осадок</td> <td>красно-оранжевый осадок</td> <td>растворение</td> </tr> <tr> <td>NaHCO₃</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>CO₂↑</td> <td>CO₂↑</td> </tr> </table>		глицерин	глюкоза	формалин	муравьиная кислота	уксусная кислота	NaOH + CuSO ₄ (обычн. условия)	ярко-синий раствор	ярко-синий раствор	—	растворение осадка	растворение осадка	NaOH + CuSO ₄ при t ⁰	—	красно-оранжевый осадок	красно-оранжевый осадок	красно-оранжевый осадок	растворение	NaHCO ₃	—	—	—	CO ₂ ↑	CO ₂ ↑	5 баллов
	глицерин	глюкоза	формалин	муравьиная кислота	уксусная кислота																					
NaOH + CuSO ₄ (обычн. условия)	ярко-синий раствор	ярко-синий раствор	—	растворение осадка	растворение осадка																					
NaOH + CuSO ₄ при t ⁰	—	красно-оранжевый осадок	красно-оранжевый осадок	красно-оранжевый осадок	растворение																					
NaHCO ₃	—	—	—	CO ₂ ↑	CO ₂ ↑																					
	<table border="1"> <tr> <td>№ пробирки</td> <td>Химическая формула вещества</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>CH₃COOH</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>HCOOH</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>HCHO</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>глицерин</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>глюкоза</td> </tr> </table>	№ пробирки	Химическая формула вещества	1	CH ₃ COOH	2	HCOOH	3	HCHO	4	глицерин	5	глюкоза	5 баллов												
№ пробирки	Химическая формула вещества																									
1	CH ₃ COOH																									
2	HCOOH																									
3	HCHO																									
4	глицерин																									
5	глюкоза																									
5	Уравнения реакций:																									
	CH ₂ OH—CHOH—CH ₂ OH + Cu(OH) ₂ → комплексное соединение ярко-синего цвета	1 балл																								
	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ 2 \text{CH OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} + \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{CH} - \text{O} \quad \text{O} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_2 - \text{O} \quad \text{O} - \text{CH} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \text{HO} - \text{CH}_2 \end{array} + 2 \text{H}_2\text{O} $	2 балла																								

	$2C_6H_{10}O_4(OH)_2 + 2Cu(OH)_2 \rightarrow$ комплексное соединение ярко-синего цвета	1 балл
	$CH_2OH-(CHOH)_4-CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^0} CH_2OH-(CHOH)_4-COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$	1 балл
	$HCHO + Cu(OH)_2\downarrow \xrightarrow{t^0}$	1 балл
	$2HCOOH + Cu(OH)_2\downarrow \rightarrow (HCOO)_2Cu + H_2O$	1 балл
	$HCOOH + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^0} CO_2\uparrow + Cu_2O\downarrow + 3H_2O$	1 балл
	$HCOOH + NaHCO_3 \rightarrow HCOONa + H_2O + CO_2\uparrow$	1 балл
	$Cu(OH)_2\downarrow + 2CH_3COOH \rightarrow (CH_3COO)_2Cu + H_2O$	1 балл
	$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2\uparrow$	1 балл
	За оригинальность	1 балл
	Итого	25
		баллов