

Республиканская олимпиада по химии – 2019

Казань, 15–16 января 2019 г.

8 класс

Автор заданий И.А. Седов

1 тур

Задание 1.

Рассчитайте молярную концентрацию ионов натрия в растворе сульфата натрия, полученного растворением 483 г глауберовой соли $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в 1,5 л воды, если этот раствор имеет плотность 1,09 г/см³.

Задание 2.

Догадавшись, по какой логике составлен каждый из рядов, заполните пропуски в них:

- 1) B, Al, ..., In, Tl
- 2) Y_2O_3 , ZrO_2 , Nb_2O_5 , ...
- 3) CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , ...
- 4) 2, 8, ..., 18, ..., 32
- 5) O, ..., Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, H
- 6) ..., Fr, Cs, Ga, Rb, K, Na, In, Li, Sn
- 7) Стокгольм, ..., Туле, ..., Париж, Копенгаген (оба пропуска – одно и то же)

Задание 3.

Оболочка воздушного шара объемом около 3 тысяч кубометров сделана из прочной нейлоновой ткани, вес которой составляет 115 кг. Шар надувают разогретым до 120 °С воздухом. К воздушному шару крепится четырехместная корзина массой около 65 кг, в центре которой находится непрерывно работающая мощная газовая горелка массой 23 кг и тепловой мощностью 1 МВт. В качестве топлива используется пропан C_3H_8 , хранящийся в баллонах, теплота сгорания которого составляет 2202 кДж/моль. Каждый заполненный баллон весит 60 кг, из которых на долю горючего газа приходится 37 кг.

Поведение воздуха внутри шара подчиняется уравнению Менделеева-Клапейрона $pV = nRT$, где p – давление, V – объем, n – количество вещества в молях, $R = 8,314 \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$ – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура в К (0 °С соответствует 273,15 К). При отключении горелки воздух быстро охлаждается.

1. Запишите уравнение сгорания пропана.
2. В какую погоду подъемная сила шара больше – в обычный осенний день ($T = 15$ °С, $p = 722$ мм. рт. ст.) или в обычный весенний день ($T = 6$ °С, $p = 741$ мм. рт. ст.)?

3. Вычислите максимальное время, которое смогут провести в полете на этом шаре 3 человека массой 60 кг каждый в обычный осенний день ($T = 15^\circ\text{C}$, $p = 722$ мм. рт. ст.).

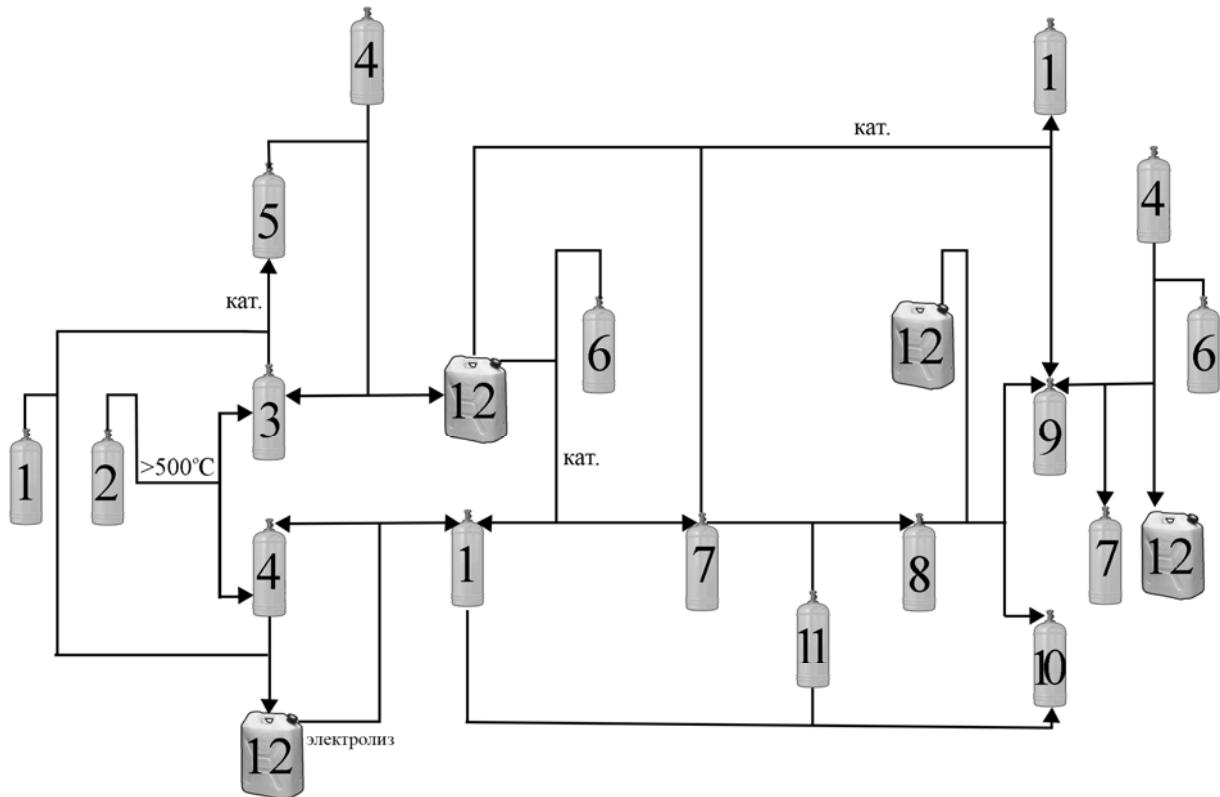
4. Почему на воздушных шарах не используется чистый бутан C_4H_{10} ?

Задание 4.

Посвящается пессимистам

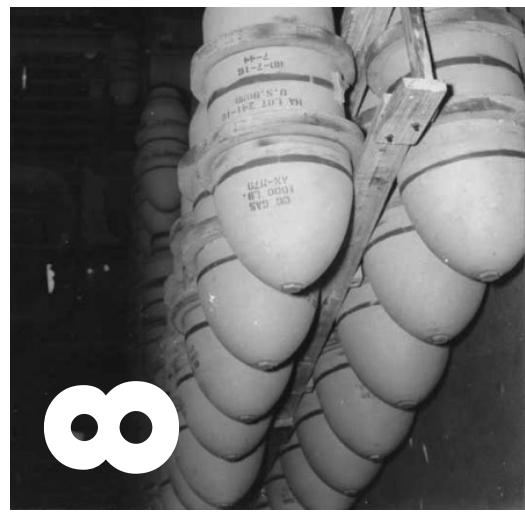
Для баллонов с газами существуют стандарты маркировки: баллон с определенным видом газа всегда выкрашивается в один и тот же цвет, на нем буквами другого цвета записывается название газа. Например, баллоны с аргоном всегда серые, а надпись “Аргон” на них сделана зеленым цветом. В Китае используется та же цветовая схема маркировки баллонов, что и в России.

1. Определите, какой газ находится в баллонах на каждой из картинок 1–11 (на следующей странице). Запишите их формулы и названия на русском языке.
2. На рисунке ниже приведена схема превращений, в которые вступают газы 1–11, а также жидкость 12. Запишите уравнения этих превращений.
(Если стрелка идет к баллону, то соответствующий газ является продуктом реакции, если от баллона идет прямая без стрелки, то исходным веществом. Кат. – катализатор).





4



8



AproH



3



7



2



6



1



5



10



9

Задание 5.

Перед вами – фотографии, иллюстрирующие протекание химических процессов. Ответьте на вопросы об этих процессах.



1. Какая жидкость была в пипетке?
2. Какова формула белого порошка?
3. Каково общедное название синего вещества **X** и его формула?



Разложение соли **Y**



Соль **Z** в пламени горелки



Взаимодействие раствора соли **Y** с раствором соли **Z**



Результат добавления капли раствора **Z** к раствору **X**

4. Запишите формулы солей **Y** и **Z**.
5. Запишите уравнения реакций, показанных на фотографиях.
6. Какие изменения будут наблюдаться при слиянии растворов **X** и **Y**? Напишите уравнение реакции.

2 тур

В лаборатории приготовили некоторый раствор следующим образом. В 100 мл воды растворили 75 г формиата таллия HCOOTl и 75 г малоната таллия $\text{CH}_2(\text{COOTl})_2$, а затем упарили до потери массы в 90 г. Концентрация ионов таллия в полученном растворе составляет 15,9 моль/л.

1. Рассчитайте плотность раствора.
2. Что произойдет, если в этот раствор кинуть кусок мела, состоящий из карбоната кальция CaCO_3 ?
3. Что, по вашему мнению, изучают в этой лаборатории? Для чего нужен полученный раствор и зачем его разбавляют водой перед использованием?

В той же самой лаборатории для той же цели, что и вышеупомянутый раствор, используются и другие растворы и индивидуальные жидкые или легкоплавкие вещества.

Одно из этих индивидуальных веществ содержит 94,8% брома по массе и еще два других элемента.

4. Установите формулу этого вещества.

Еще одно легкоплавкое твердое вещество содержит по массе 8,52 % кадмия, 0,55 % водорода, 23,76 % кислорода, 0,33 % бора и 66,85 % неизвестного элемента.

5. Определите этот элемент и формулу вещества. Какие катион и анион входят в его состав?

Один из используемых растворов готовят путем растворения оранжевых кристаллов в бесцветной жидкости, кристаллизующейся при 31 °С. Оранжевые кристаллы получаются при взаимодействии металла, широко используемого в качестве припоя, с галогеном, который в элементарном виде есть практически в каждом доме. Бесцветная жидкость получается при взаимодействии неметалла с другим галогеном, при этом из 1,0 г неметалла получается 4,2 г жидкости.

6. Определите элементы и соединения, о которых идет речь. Запишите уравнения реакций.

Еще один раствор получается при добавлении к раствору 15 г иодида калия в 10 мл воды 9,1 г металлической ртути и 11,5 г иода.

7. Какое соединение присутствует в этом растворе?

Также в лаборатории имеется легкоплавкая смесь двух солей с одинаковым анионом, взятых в массовом соотношении 1:1, которая окрашивает пламя в зеленый цвет и хорошо растворяется в воде. Водный раствор 1,00 г этой смеси дает 1,31 г желтого осадка при добавлении избытка раствора иодида калия.

8. Определите качественный и количественный состав смеси.

Экспериментальный тур

Вам выданы твердые гидрокарбонат натрия NaHCO_3 и гидрат хлорида магния $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, дистиллированная вода, стеклянные пробирки с пробками, держатель, глазная пипетка, нагревательная плитка и полоски универсальной индикаторной бумаги.

Получите три раствора, один из которых обладает сильнокислой (окрашивает индикаторную бумагу в красный цвет), другой – сильнощелочной (окрашивает индикаторную бумагу в синий цвет), а третий – слабощелочной (окрашивает индикаторную бумагу в зеленый цвет) реакцией. Опишите ход эксперимента. Напишите уравнения химических реакций, протекающих при приготовлении этих растворов.

Решения 1 тур

Задание 1.

$$n(\text{Na}^+) = \frac{2.483}{322} = 3 \text{ моль (1 б)}$$

$$m(\text{раствора}) = 483 + 1500 = 1983 \text{ г (1 б)}$$

$$V(\text{раствора}) = 1983 / 1.09 = 1819 \text{ мл} = 1.819 \text{ л (1 б)}$$

$$C(\text{Na}^+) = 3 / 1.819 = 1.649 \text{ М (1 б)}$$

Всего максимум 4 б.

Задание 2.

1. Этот ряд – 13 группа таблицы Менделеева (или 3 группа главная подгруппа). Пропущенный элемент – **Ga (1 балл)**
2. Этот ряд – высшие оксиды идущих подряд элементов 5 периода. Высший оксид следующего элемента в таблице Менделеева – **MoO₃ (1 балл)**
3. Этот ряд – гомологический ряд углеводородов (алканов). Можно заметить, что они имеют формулу C_nH_(2n+2), где n – последовательные целые числа. Пропущенный член ряда – **C₄H₁₀ (1 балл)**
4. Этот ряд – количество элементов в периодах периодической системы. Пропущенные числа – **8 и 18. (по 0,5 балла, всего 1 балл)**
5. Этот ряд – список самых распространённых элементов в земной коре. На втором месте по содержанию стоит **Si. (2 балла)**
6. В этом ряду металлы расположены по увеличению температуры плавления. Самый легкоплавкий металл – **Hg. (2 балла)**
7. Это последовательность из населенных пунктов, в честь которых названы элементы (No, Er, Tm, Yb, Lu, Hf). Элементы Er и Yb названы в честь деревеньки **Иттербю. (2 балла)**

Всего максимум 10 баллов

Задание 3.



2. Подъемная сила определяется разницей плотностей воздуха в шаре и в окружающей среде. Средняя молярная масса воздуха равна примерно 28,96 г/моль (21% O₂, 78% N₂, 1% Ar). Рассчитаем плотности воздуха в обычный осенний и обычный весенний дни:

$$pV = nRT = \frac{m}{M} RT \text{ или } \frac{m}{V} = \rho = \frac{pM}{RT}$$

$$\rho_{\text{o.д.}} = \frac{96259 \cdot 28,96}{8,314 \cdot 288} = 1,163 \text{ кг/м}^3 \text{ (1 балл)} - \text{плотность воздуха в осенний день;}$$

$$\rho_{\text{в.д.}} = \frac{98792 \cdot 28,96}{8,314 \cdot 279} = 1,234 \text{ кг/м}^3 \text{ (1 балл)} - \text{плотность воздуха в весенний день;}$$

Разница плотностей будет больше в весенний день, значит, подъемная сила будет **больше в обычный весенний день (1 балл)**

$$3. \text{ Плотность воздуха внутри шара равна } \rho = \frac{96259 \cdot 28,96}{8,314 \cdot 393} = 0,853 \text{ кг/м}^3 \text{ (1 балл)}$$

Таким образом, за счет каждого кубометра газа можно поднять на шаре $1,163 \cdot 0,853 = 0,310$ кг. Всего шар может поднять $3000 \cdot 0,310 = 930$ кг (**1 балл**).

Вес шара с корзиной, людьми и горелкой составляет

$$m_0 = 60 \cdot 3 + 65 + 23 + 115 = 383 \text{ кг}$$

На долю баллонов приходится масса равная 547 кг, что соответствует **9 баллонам (1 балл)**. Тогда количество пропана равно:

$$v(C_3H_8) = \frac{9 \cdot 37 \cdot 1000}{44} = 7568,18 \text{ моль.}$$

Общее количества тепла, которое выделится при его сгорании:

$$7568,18 \cdot 2202 = 16665 \text{ МДж (1 балл)}$$

1 МВт это 1 МДж/с, тогда время полета равно **16665 с или 4 часа 37 мин (2 балла)**

4. Зимой, а также на большой высоте температура воздуха может быть низкой. Бутан имеет **высокую температуру кипения** ($-0,5$ °C), поэтому при низких температурах воздуха баллоны с бутаном потребуют предварительного прогрева перед использованием. (**1 балл**)

Всего 11 баллов.

Задание 4.

1 – H₂ – водород

2 – N₂O – оксид азота (I), закись азота, веселящий газ

3 – N₂ – азот

4 – O₂ – кислород

5 – NH₃ – аммиак

6 – CH₄ – метан

7 – CO –monoоксид углерода, оксид углерода (II), угарный газ

8 – COCl₂ – фосген, дихлорид карбонила, карбонилхлорид, оксид-дихлорид углерода

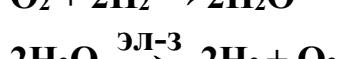
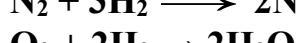
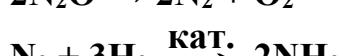
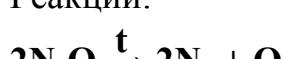
9 – CO₂ – диоксид углерода, углекислый газ, оксид углерода (IV)

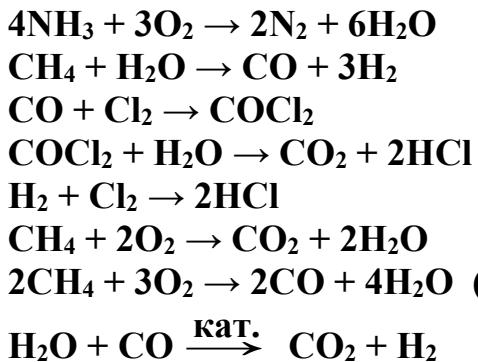
10 – HCl – хлороводород

11 – Cl₂ – хлор

12 – H₂O – вода, оксид водорода

Реакции:





По 0,5 б за каждую верную формулу и название, всего 12б

По 0,5 б за каждую реакцию, всего 6б

Всего максимум 18 б.

Задание 5.

1. Вода (1 б)
 2. CuSO₄ (1 б)
 3. Медный купорос, CuSO₄•5H₂O (по 1 б за название и формулу. Всего 2 б)
 4. Z – KI, Y – Pb(NO₃)₂ (по 1 б за каждый верный анион и катион. Всего 4 б)
 5. 2KI + Pb(NO₃)₂ = PbI₂ + 2KNO₃
4KI + 2CuSO₄ = 2CuI + I₂ + 2K₂SO₄
2Pb(NO₃)₂ = 2PbO + 4NO₂ + O₂
(По 1 б за реакцию. Всего 3 б)
 6. Выпадение белого осадка или помутнение (1 б)
Pb(NO₃)₂ + CuSO₄ = Cu(NO₃)₂ + PbSO₄ (1 б)
- Всего максимум 13 б.**

2 тур

1. m (раствора) = 100 + 75 + 75 – 90 = 160 г
n (Tl⁺) = 75/M(HCOOTl) + 2•75/M(CH₂(COOTl)₂) = 75/249.4 + 2•75/510.8 =
= 0.5944 моль (1б)
V (раствора) = n/C = 0.5944/15.9 = 0.0374 л = 37.4 мл
ρ (раствора) = 160/37.4 = **4.28 г/мл (1 б)**

Всего 2 б за пункт.

2. Кусок мела всплывает, так как его плотность (2.71 г/мл) меньше плотности раствора (4.28 г/мл). (1 б)

Всего 1 б за пункт.

3. В лаборатории изучают минералы (1 б). Полученный раствор для разделения минералов по плотности или определения плотности минерала (1б). При разбавлении можно получить раствор с необходимой плотностью (1б).

Всего 3б за пункт.

4. Составим таблицу, в которой сведем количество атомов брома в соединении и соответствующее этому количеству молярную массу соединения и молярную массу остатка.

n(Br)	M	M _{ост}
1	84.3	4.4
2	168.6	8.8
3	252.8	13.1
4	337.1	17.5
5	421.4	21.9
6	505.7	26.3
7	590.0	30.7

(1 б за нахождение любого из вариантов M_{ост}).

При n=3, молярная масса остатка равна 13, что соответствует CH-группе.
Значит ответ **CHBr₃** (2 б)

Всего 3 б за пункт.

5. Соотношение между числами атомов элементов:

$$\text{Cd:H:O:B:M} = \frac{8.52}{112.4} : \frac{0.55}{1.008} : \frac{23.76}{15.999} : \frac{0.33}{10.811} : \frac{66.85}{M} = \\ = 0.0758 : 0.5456 : 1.4851 : 0.0305 : \frac{66.85}{M}$$

Это соответствует отношению 5:36:98:2: $\frac{4410.641}{M}$ (2 б за нахождение отношения 5:36:98:2).

Суммарная степень окисления остатка, не включая неизвестный элемент равен $5 \cdot 2 + 36 \cdot 1 - 98 \cdot 2 + 2 \cdot 3 = -144$. Учитывая это и соотношение между элементами, находим, что подходит 24 атома вольфрама в степени окисления +6. Элемент – **W** (2 б). Значит соединение имеет формулу **Cd₅H₃₆O₉₈B₂W₂₄**, или **Cd₅(BW₁₂O₄₀)₂•18H₂O**.

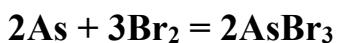
Катион – Cd²⁺, анион – BW₁₂O₄₀⁵⁻. (по 1 б за катион и анион)

Всего 6 б за пункт.

6. Как правило, в качестве припоя используют олово, **Sn**. Олово с иодом (I₂) образует оранжевые кристаллы состава **SnI₄**.

Второе соединение. Массовые доли элементов в нем равны w(«неметалла»)=0.238, w(«другого_галогена»)=0.762

В качестве другого галогена необходимо рассмотреть F, Br и Cl. Массовая доля галогена достаточна велика, поэтому стоит начать с **брома**. Если в соединение три атома брома, по численным данным в качестве неметалла подходит мышьяк, **As**. А соединение имеет состав **AsBr₃**.



(по 0.5 б за каждый элемент, формулу соединения и реакцию)

Всего 4 б за пункт.

7. Посчитаем количества веществ:

$$n(\text{KI})=0.904 \quad (\mathbf{0.5 \, б})$$

$n(Hg)=0.045$ (**0.5 б**)

$n(I_2)=0.045$ (**0.5 б**)

Итого по элементам отношение: K:I:Hg=2:4:1. Соединение – тетраиодомеркурат калия K_2HgI_4 (**0.5 б**)

Всего 2 б за пункт.

8. Если катион только одной из солей дает осадок с иодид-анионом, то из 0,5 г соли получится 1,31 г осадка, что невозможно. Значит, оба катиона дают осадки. Это могут быть **серебро, свинец, таллий (по 0,5 б за упоминание каждого)**. В зеленый цвет пламя окрашивают соли бария, меди и таллия. Значит один из металлов таллий. Растворимыми являются **нитраты** этих металлов (**0,5 б**). С помощью расчета находим, что это $AgNO_3+TlNO_3$. (**2 б, если обе соли верны**).

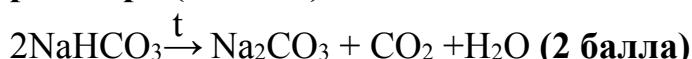
Всего 4 б за пункт.

Всего максимум 25 б.

Экспериментальный тур

Слабощелочной раствор получается **растворением гидрокарбоната натрия (2 балла)**.

Сильнощелочной средой будет обладать раствор карбоната натрия, который получается **нагреванием твердого гидрокарбоната натрия или его раствора (2 балла)**



Сильнокислой средой обладает конденсат, который собирается наверху пробирки при **нагревании твердого гидрата хлорида магния** или его концентрированного раствора за счет гидролиза с выделением **хлороводорода (3 балла)**



По 4 балла за демонстрацию окрашивания в каждый цвет. 1 балл за целую посуду.

Всего 25 баллов.