

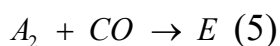
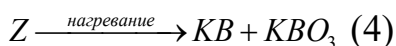
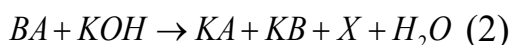
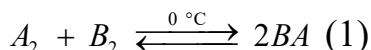
**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ ПСПБГМУ ИМ.
И. П. ПАВЛОВА (2024/2025 УЧЕБНЫЙ ГОД)**

ЗАДАНИЯ ОТБОРОЧНОГО ЭТАПА

9 класс

Задача 1

Преподаватель по химии на занятии по галогенам решил донести материал в необычной форме. Он представил несколько уравнений реакций, где два простых вещества показал в виде неизвестных (A_2 и B_2), а так как он любил ещё и историю (надеюсь, что его студенты тоже), то подсказал искать ответ в знании о химическом оружии времён Первой мировой войны.



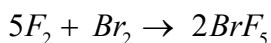
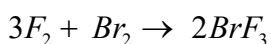
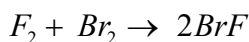
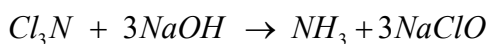
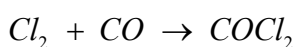
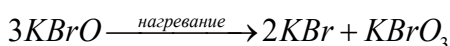
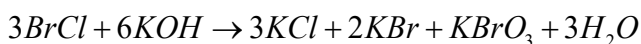
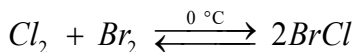
Схемы реакций представлены без стехиометрических коэффициентов.

1. Внесите неизвестные элементы (**A** и **B**) в представленные уравнения реакций, уравняйте их, а также определите дополнительные неизвестные вещества (**E**, **X**, **Y**, **Z**).
2. Что изменится, если в реакции (3) вместо воды использовать раствор щелочи? Напишите уравнение этой реакции.
3. Что изменится, если в реакции (1) вместо A_2 использовать избыток простого вещества, являющегося более лёгким элементом и соседом **A** по группе в Периодической системе?
4. Какие из упомянутых в задании веществ использовались в качестве химического оружия во время Первой мировой войны?

Решение:

Так как в качестве химического оружия во время Первой мировой войны использовались хлор и бром, приведём реакции для них.

A_2 — Cl_2 , B_2 — Br_2 , **E** — $COCl_2$, **X** — $KBrO_3$, **Y** — $HClO$, **Z** — $KBrO$.



Хлор (Cl_2), бром (Br_2), фосген ($COCl_2$)

Разбалловка:

1. Определение **A**₂, **B**₂, **E**, **X**, **Y**, **Z** — по 2 балла (всего 12 баллов).
 2. Уравнения реакций — по 3 балла (всего 6 баллов).
 3. Определение веществ — по 1 баллу (максимум 2 балла).
- Итого: 20 баллов.

Задача 2

Фосфор прореагировал с избытком газа **X**, являющегося простым веществом, с образованием вещества **A**. Относительная плотность **A** по отношению к **X** равна 2,94. При реакции **A** с водяным паром образуется вещество **B**. Это же вещество **B** может образоваться при реакции вещества **C** с кислородом. При реакции с избытком воды образуются две кислоты. Вещество **C** образуется при реакции фосфора с небольшим количеством газа **X**. При температуре выше 200 °С начинается термическое разложение вещества **A** на упомянутые в задаче вещества. Все зашифрованные вещества при 200 °С являются газами.

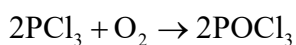
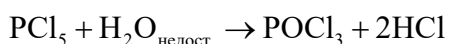
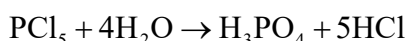
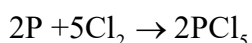
1. Определите вещества **X**, **A**, **B**, **C**, напишите уравнения упомянутых реакций.
2. Найдите константу равновесия K_x , если разложилось 20 % вещества **A**.

Решение:

Очевидно, что вещество **X** может быть или галогеном или кислородом. Начнём перебор с галогена.

x — галоген.

$$\frac{M(PX_5)}{M(X_2)} = 2,94 \quad \frac{31+5x}{2x} = 2,94 \quad x = 35,5 - \text{это хлор}$$



	PCl ₅	PCl ₃	Cl ₂
Исходное	1	—	—
Прореагировало	0,2	—	—
Равновесие	0,8	0,2	0,2

$$V_{cm} = 1 - x + x + x = 1 + x \quad V_{cm} = 1,2$$

$$\varphi_{PCl_5} = \frac{1-x}{1+x} \quad (0,67) \quad \varphi_{PCl_3} = \frac{x}{1+x} \quad (0,17) \quad \varphi_{Cl_2} = \frac{x}{1+x} \quad (0,17)$$

$$K_x = \frac{0,17 \cdot 0,17}{0,67} = 4,31 \cdot 10^{-2}$$

X — Cl₂, **A** — PCl₅, **B** — POCl₃, **C** — PCl₃.

Разбалловка:

1. Определение константы равновесия — 10 баллов.
 2. Определение веществ — по 2,5 балла (всего 10 баллов).
- Итого: 20 баллов.

Задача 3

Озон — мощный антисептик, по силе с которым не может сравниться ни один антибиотик; распространяется даже на те вирусы и бактерии, которые устойчивы к антибиотикам и противовирусным препаратам, как, например, хламидии, вирусы герпеса, гепатитов, при этом клетки человека не повреждаются. Около 90 % атмосферного озона находится в стратосфере, главным образом на высоте от 20 до 40 км над поверхностью Земли. Озон — более сильный окислитель, чем кислород. В отличие от кислорода, озон взаимодействует с подкисленным раствором иодида калия в темноте (на свету кислород постепенно окисляет иодид-ион, из-за чего раствор HI быстро темнеет). Эту реакцию используют как качественную, добавляя в раствор крахмал.

В лаборатории была приготовлена смесь, состоящая из озона и кислорода. При полном разложении озона, находящегося в этой смеси, её объём увеличивается на 25 % (при одинаковых внешних условиях).

1. Определите массу озона в описанной смеси с кислородом, объёмом 800 мл (н. у.).
2. Если через подкисленный раствор иодида калия пропустить описанную смесь кислорода и озона, произойдёт химическая реакция, которая может быть использована как качественная. Запишите возможную (-ые) реакцию (-и).
3. Для чего при проведении данной реакции в раствор добавляют крахмал?
4. Определите максимальную массу иода, которая может образоваться при быстром пропускании 800 мл исходной смеси (н. у.) через подкисленный раствор иодида калия.

Решение:

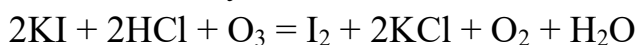
А) При разложении озона, объём смеси увеличивается на 25 %, т.е. на 200 мл.
 $2\text{O}_3 = 3\text{O}_2$, т. е.

Из двух молекул озона получается три молекулы кислорода.

При разложении 2 мл — объём увеличивается на 1 мл
при разложении x мл — объём увеличивается на 200 мл
 $x = 400$ мл озона содержится в исходной смеси.

$$m(\text{O}_3) = 0,4 / 22,4 \cdot 48 = 0,857 \text{ г.}$$

Б) При быстром пропускании смеси через раствор с иодидом калия взаимодействует только озон.



В) Эту реакцию используют как качественную для обнаружения озона или ионов Γ . В раствор добавляют крахмал, который даёт характерное синее окрашивание вследствие образования комплекса с иодом.

Г) На 1 моль озона можно получить 254 г иода на 0,01786 моль (что соответствует 400 мл) — x г
 $x = 4,536$ г.

Разбалловка:

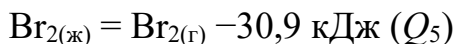
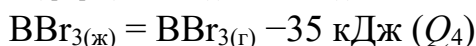
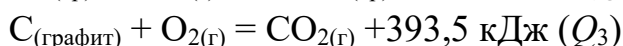
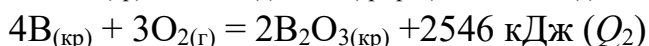
1. Определение массы озона — 6 баллов.
2. Уравнение реакции — 5 баллов.
3. Объяснение роли крахмала — 3 балла
4. Определение массы иода — 6 баллов.

Итого: 20 баллов.

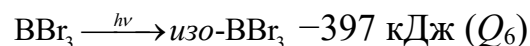
Задача 4

В справочниках можно найти значения теплоты образования сложных веществ из простых. Но, как правило, невозможно измерить эту теплоту напрямую — провести одностадийный синтез и определить тепловой эффект процесса. Поэтому её вычисляют на основе экспериментальных данных о теплотах нескольких реакций, используя закон Гесса. Он позволяет складывать и вычитать термохимические реакции.

1. Определите стандартную теплоту образования газообразного и жидкого бромиды бора исходя из следующих термохимических реакций. Запишите термохимические уравнения, соответствующие стандартным теплотам образования газообразного и жидкого бромиды бора



2. Известно, что при действии ультрафиолетового излучения на бромид бора образуется нестабильный изомер:



Рассчитайте стандартную теплоту образования газообразного *изо*- BBr_3 и предложите его структурную формулу, если известно, что в данной молекуле есть связь $\text{Br}-\text{Br}$.

Решение:

1. Термохимические уравнения, соответствующие стандартным теплотам образования газообразного и жидкого бромиды бора





Стандартная теплота образования газообразного бромид бора $Q_{\text{обр}}(\text{BBr}_{3(\text{г})})$ рассчитывается как

$$Q_{\text{обр}}(\text{BBr}_{3(\text{г})}) = (Q_1 + Q_2 - 3Q_3 + 6Q_5) / 4 = 205 \text{ кДж/моль}$$

Стандартная теплота образования жидкого бромид бора $Q_{\text{обр}}(\text{BBr}_{3(\text{ж})})$ рассчитывается как

$$Q_{\text{обр}}(\text{BBr}_{3(\text{ж})}) = Q_{\text{обр}}(\text{BBr}_{3(\text{г})}) - Q_4 = 240 \text{ кДж/моль}$$

$$\text{или } Q_{\text{обр}}(\text{BBr}_{3(\text{ж})}) = (Q_1 + Q_2 - 3Q_3 - 4Q_4 + 6Q_5) / 4 = 240 \text{ кДж/моль}$$

2. Стандартная теплота образования газообразного *изо*- BBr_3 $Q_{\text{обр}}(\text{изо-BBr}_{3(\text{г})})$ равна

$$Q_{\text{обр}}(\text{изо-BBr}_{3(\text{г})}) = Q_{\text{обр}}(\text{BBr}_{3(\text{г})}) + Q_6 = -192 \text{ кДж/моль}$$

Возможная структура $\text{Br}-\text{B}=\text{Br}^+-\text{Br}^-$

Также принимается радикальная пара $\text{Br}-\text{B}^\bullet-\text{Br}\dots\text{Br}^\bullet$

Разбалловка:

1. Термохимическое уравнения образования газообразного бромид бора — 2 балла.
 2. Термохимическое уравнения образования жидкого бромид бора — 2 балла.
 3. Расчёт теплоты образования газообразного бромид бора из простых веществ — 4 балла.
 4. Расчёт теплоты образования жидкого бромид бора из простых веществ — 4 балла.
 5. Расчёт теплоты образования изомера бромид бора из простых веществ — 4 балла.
 6. Структурная формула изомера бромид брома — 4 балла.
- Итого: 20 баллов.

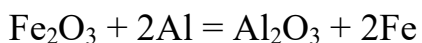
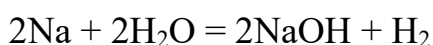
Задача 5

В одной научно-исследовательской лаборатории, которая функционировала под землёй, работали несколько учёных, изучающих химический состав материалов, из которых были сделаны найденные мистические артефакты. При попытке отбора пробы материала с артефакта, который был похож на кубок для питья, началось землетрясение, которое завалило выходы из лаборатории, вывело из строя лифты, а также комплекс устройств, обеспечивающих подачу воздуха в лабораторию. Учёные успели подать сигнал бедствия, но помощь им предстояло ожидать в течение двух суток. В команде учёных были химики, механики и физики, которые пришли к выводу, что смогут дождаться помощи, если сделают и затем используют кислородные свечи. Для их создания им не хватало хлората натрия и порошка железа, однако в наличии были: хлор, натрий, вода, алюминий, нитрат железа(III).

1. Какие превращения необходимо осуществить учёным, чтоб получить реагенты для создания кислородных свечей?
2. Какое количество натрия и нитрата железа(III) им потребуется для создания десяти свечей, если на одну свечу затрачивается 100 г хлората натрия и 25 г железа?
3. Известно, что при получении хлората натрия с использованием газообразного хлора возможно протекание побочной реакции. Напишите уравнение этой реакции и рассчитайте, как изменится количество необходимого для приготовления свечей натрия, если известно, что в побочную реакцию вступило 7,1 г хлора.
4. Как изменилась бы процедура получения свечей, если бы вместо нитрата железа(III) в распоряжении учёных был нитрат железа(II)?
5. Какая масса этой соли потребовалась бы для изготовления такого же количества свечей?

Образованием смешанных и нестехиометрических оксидов железа пренебречь.

Решение:

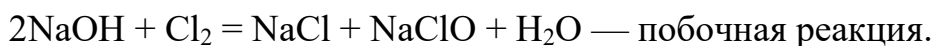


Из уравнения реакции: чтоб получить 100 г NaClO_3 потребуется

$100 / (23 + 35,5 + 48) \cdot 6 \cdot 40 = 225,35$ г NaOH (5,634 моль), а на такое количество NaOH 129,58 г Na .

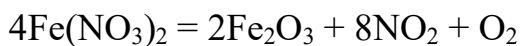
$129,58 \cdot 10 = 1295,8$ г потребуется Na на 10 свечей; чтобы получить 25 г Fe потребуется

$25 / 56 \cdot (56 + 62 \cdot 3) = 108,04$ г $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ или 1080,4 г на десять свечей.



0,1 моль Cl_2 уйдёт на побочную реакцию, следовательно, нужно взять избыток натрия

$$0,2 \cdot 23 = 4,6 \text{ г.}$$



Нитрата железа(II) понадобится $25 / 56 \cdot (56 + 62 \cdot 2) \cdot 10 = 803,57$ г.

Разбалловка:

1. Уравнения реакций из п. 1 — по 3 балла (всего 12 баллов).
2. Определение количества натрия и нитрата железа(III) — 2 балла.
3. Уравнение реакции из п. 3 — 3 балла
4. Объяснение п. 4 — 1 балла.
5. Определение массы нитрата железа(II) — 2 балла

Итого: 20 баллов.