

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия»
Очный тур (решения и разбалловка)
2016-2017 учебный год**

9 класс

I. Задача про коэффициенты реакций (решение и разбалловка)

Уравнения реакций с продуктами и коэффициентами:

- $2\text{HBr}_{(\text{конц.})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{W} + 8\text{HF}_{(\text{конц.})} + 2\text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow \text{H}_2\text{WF}_8 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{разб.})} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{Cu}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NaIO}_3 + 6\text{NaOH}_{(\text{конц.})} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Na}_5\text{IO}_6 + 2\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O}$ или
 $\text{NaIO}_3 + 2\text{NaOH}_{(\text{конц.})} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaIO}_4 + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Se} + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O}_{2(\text{конц.})} \rightarrow \text{Na}_2\text{SeO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- $3\text{Br}_2 + \text{S} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{PbO}_2 + 2\text{S} \rightarrow \text{PbS} + \text{SO}_2\uparrow$
- $\text{HBrO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{XeF}_2 \rightarrow \text{HBrO}_4 + 2\text{HF} + \text{Xe}\uparrow$
- $\text{I}_2 + 7\text{KrF}_2 \rightarrow 2\text{IF}_7 + 7\text{Kr}$
- $2\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SeO}_3 \rightarrow 2\text{S}\downarrow + \text{Se}\downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$

Разбалловка:

За уравнения реакций – 20 баллов (2 балла за каждое уравнение с правильными коэффициентами; если указаны правильные продукты реакции, но коэффициенты расставлены неправильно, или если указаны неправильные продукты реакции (при условии, что это реально существующие вещества), но стехиометрические коэффициенты верны – по 1 баллу за уравнение).

ИТОГО: 20 баллов

II. Своя игра с темой «Химические элементы» (решение и разбалловка)

1. Si	6. Al	11. N	16. F
2. B	7. Be	12. Au	17. Sn
3. Mg	8. P	13. Cu	18. Tc
4. Li	9. Na	14. Nh	19. W
5. Ag	10. C	15. Ga	20. Pt

Разбалловка:

По 1 баллу за каждый идентифицированный элемент.

ИТОГО: 20 баллов

III. Задача про разноцветные вещества (решение и разбалловка)

- X** – Cr, хром
A – CrO, оксид хрома(II)
B – Cr₂O₃, оксид хрома (III)
C – CrO₃, оксид хрома(VI)
D – Cr(OH)₃, гидроксид хрома(III)
E – CrCl₃, хлорид хрома(III)
F – K₃[Cr(OH)₆], гексагидроксохромат калия(III)

G – K_2CrO_4 , хромат калия

H – $K_2Cr_2O_7$, бихромат калия

2. В 1000 кг эсколаита содержится 770 кг (5,1 кмоль Cr_2O_3), при его восстановлении теоретически образуется 10,2 кмоль (530,4 кг) хрома. С учетом неполного восстановления масса образующегося хрома равна 503,9 кг.

Разбалловка:

1. За определение элемента **X** – 2 балла.

За определение веществ **A-H** – 12 баллов (по 1,5 балла за вещество).

2. За расчет массы хрома – 6 баллов.

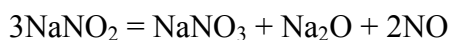
ИТОГО: 20 баллов

IV. Задача про нитраты и нитриты (решение и разбалловка)

1. а) $2NaNO_2 + 2NaI + 2H_2SO_4 = 2Na_2SO_4 + 2H_2O + 2NO + I_2$

б) $NaNO_3 + Pb = NaNO_2 + PbO$

2. Две реакции:



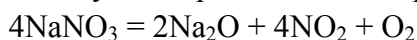
3. Единственный газообразный продукт – NO, значит, имеется в виду следующая реакция:



4. Традиционное уравнение реакции:



Уравнение с учетом разложения нитрита:



Замечание: с учетом разложения нитрита (реакции из п. 2) должен образовываться NO:

$2NaNO_3 = Na_2O + NO + NO_2 + O_2$, однако он не может образовываться вместе с кислородом.

Поэтому верным является вариант реакции с образованием диоксида азота.

5. Для нитрата **A** предположим формулу $M(NO_3)_n$. Молярная масса нитрата равна

$$M(A) = \frac{3 \cdot 16 \cdot n}{0,5365} = 89,47n = M(M) + 62,01n \Rightarrow M(M) = 27,46n$$

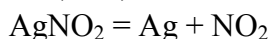
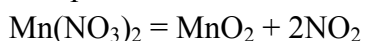
Такой формуле удовлетворяет только марганец(II): **A** = $Mn(NO_3)_2$. Поскольку при разложении образуется только два вещества с формулами одинакового количественного состава, но с различными содержащимися в них элементами, то это вещества: **B** – NO_2 , **Г** – MnO_2 (выбор в соответствии с агрегатными состояниями веществ: **B** – газ, **Г** – твердое вещество).

Для нитрита **B** проведем аналогичный расчет: пусть его формула $M(NO_2)_n$. Тогда его молярная масса:

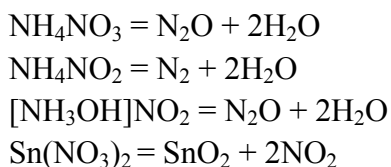
$$M(B) = \frac{2 \cdot 16 \cdot n}{0,2080} = 153,85n = M(M) + 46,01n \Rightarrow M(M) = 107,84n$$

Очевидно, что этому металлу соответствует серебро. То есть, **B** – $AgNO_2$. Поскольку при разложении образуется только NO_2 (**B**) и твердое **Д**, делаем вывод, что **Д** – **Ag**.

Уравнения разложения:



6. Наиболее известные примеры нитратов или нитритов, которые разлагаются только на два вещества – это нитрат аммония и нитрит аммония. Менее известны примеры нитрата олова(II), нитрита гидроксиламмония.



Разбалловка:

1. За уравнения реакций – 2 балла (по 1 баллу за реакцию).
 2. За уравнения реакций – 3 балла (по 1,5 балла за реакцию).
 3. За реакцию нитрата со свинцом – 1,5 балла.
 4. За традиционное уравнение реакции – 1 балл.
- За уравнение с разложением нитрита – 1,5 балла (или 1 балл за вариант с выделением кислорода и NO).
5. За определение веществ А – Д – 6 баллов (по 1,5 балла за вещество).
- За уравнения реакций разложения А и Б – 2 балла (по 1 баллу за уравнение).
6. За ответ на последний вопрос – 3 балла (2 вещества по 0,5 баллов и 2 уравнения по 1 баллу – засчитываются любые два вещества (правильные) и соответствующие им уравнения реакций).

ИТОГО: 20 баллов

V. Задача про стоматологию (решение и разбалловка)

1. Находим формулу *костного минерала*. Если сложить приведенные процентные содержания элементов (39,89% + 41,41% + 18,50), мы получим 99,8%, а не 100% – оставшиеся 0,2% приходится на водород (подсказка в решении – информация о том, что костный минерал – основная соль, следовательно, содержащая в составе группу OH. Элемент X – фосфор – это определяется как с помощью общей химической эрудиции, так и, если такая отсутствует, с помощью внимательного прочтения всей задачи («...костная мука является фосфорным удобрением...»)).

Определяя соотношения Ca:O:P:H = 39,89/40:41,41/16:18,50/31:0,2/1, получаем:

$\text{Ca}_5\text{P}_3\text{O}_{13}\text{H}$ или $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ – гидроксофосфат кальция. Тривиальное название – гидроксипатит (это название не оценивается).

2. 10 единиц твердости по шкале Мооса соответствует самому твердому минералу – алмазу, при этом наименьшая твердость по этой же шкале – единица, помимо классического для шкалы талька соответствует аллотропной модификации алмаза – графиту, качественный состав которого, очевидно идентичен составу алмаза.

3. Галогенид, который обеспечивает защиту от кариеса – фторид-анион (вспоминаем рекламу зубных паст с «активных фтором»). Определяя соотношение Ca:O:P:F получаем $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ – фторфосфат кальция, фторид-фосфат кальция (фторапатит). *Следует добавить, что слишком высокая концентрация фторид-ионов также опасна для зубной эмали – она вызывает флюороз, который также разрушает зубы.*

4. Гематит – Fe_2O_3 – оксид железа(III), FeO — оксид железа(II), Fe_3O_4 — оксид железа(II,III).

5. Как и при поиске ответа на **вопрос 1**, можно увидеть, что суммирование 33,33% кальция, 5,16% железа, 41,39% кислорода и 20,03% фосфора даст не 100%, а 99,91%. Ближе к 100%, но если читать внимательнее, видно, что *легированный железом костный минерал* – кислая соль, а следовательно – 0,09% «дефекта массовых процентов» приходится на водород. Рассчитывая соотношение элементов, определяем формулу $\text{Ca}_9\text{FeH}(\text{PO}_4)_7$ – гидрофосфат кальция-железа(II) (название не оценивается).

6. Степень окисления железа в $\text{Ca}_9\text{FeH}(\text{PO}_4)_7$ равна +2.

7. Можно рассчитать процентное содержание кислорода в MgO , затем, пользуясь полученным значением, методом перебора определить элемент и, соответственно, оксид, однако проще пойти другим путем – равенство процентного содержания кислорода в двух оксидах – неизвестного элемента и магния указывает на равенство эквивалентных масс магния и неизвестного элемента. Масса эквивалента магния равна $M_3(\text{Mg})=A(\text{Mg})/2 = 12$ (два – степень окисления магния в оксиде). $M(\text{элемента}) = M_3(\text{элемента}) \times \text{CO}(\text{элемента})$. Для степени окисления, равной +4 (при расчетах с массой эквивалента элемента используется модуль степени окисления), получаем $M = 48$, что соответствует титану в оксиде титана(IV) – TiO_2 , который действительно применяется в солнцезащитных кремах. Существует два минерала, основным компонентом которых является TiO_2 – более твердый **рутил** и менее твердый **анатаз** (оценивается любое из двух тривиальных названий безотносительно применения полиморфа оксида в качестве УФ-фильтра). Для защиты от ультрафиолета предпочтительнее использовать рутил (он лучше поглощает ультрафиолет, более стоек по отношению к компонентам атмосферы и т.д.).

Разбалловка:

1. За определение формулы и название костного минерала – 4 балла (1,5 балла за формулу, 1 балл за название, 1,5 балла за расчет).

2. За правильный ответ на второй вопрос – 2 балла (по 1 баллу за вещество).

3. За ответ на третий вопрос – 2 балла (по 1 баллу за формулу и за название).

4. За оксиды железа – 3 балла (по 1 баллу за вещество и название).

5. За определение легированного железом костного минерала – 4 балла (2 балла за расчет, 2 балла за формулу).

6. За определение степени окисления железа – 2 балла.

7. За ответ на последний вопрос – 3 балла (по 1 баллу за формулу, название вещества и название минерала).

ИТОГО: 20 баллов