**Задание 1. (автор И.А. Гаркуль)**

1. а) физические и химические процессы: 2. восстановление; 15. гниение; 19. фотосинтез; 23. испарение; 27. коррозия; 30. окисление; 31. нейтрализация; 32. возгонка.

б) Названия веществ с однозначной формулой: 5. сера; 7. сероводород; 8. графит; 12. фосфор; 17. неон; 22. озон; 23. иод; 24. золото; 25. железо; 28. олово; 29. ртуть; 33. алюминий; 34. аммиак.

в) Названия классов или особых групп веществ: 4. кислота; 6. катализатор; 9. селитра; 10. белок; 13. минерал; 16. щелочь; 20. галоген; 21. полупроводник.

г) Прочее: 1. аллотропия; 3. плотность; 11. электрон; 14. металлург; 18. атом; 26. колба.

2. К физическим явлениям относятся 23. испарение и 32. возгонка, остальные – к химическим.

3. 5. сера – **S** или **S₈**; 7. сероводород – **H₂S**; 8. графит – **C**; 12. фосфор – **P** или **P₄**; 17. неон – **Ne**; 22. озон – **O₃**; 23. иод – **I₂**; 24. золото – **Au**; 25. железо – **Fe**; 28. олово – **Sn**; 29. ртуть – **Hg**; 33. алюминий – **Al**; 34. аммиак – **NH₃**.

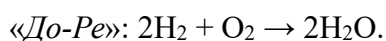
4. 4. кислота – **H₂SO₄**; 6. катализатор – **Pt**; 9. селитра – **NaNO₃**; 13. минерал – **CaCO₃**; 16. щелочь – **NaOH**; 20. галоген – **F₂**; 21. полупроводник – **Si**. В качестве примеров могут быть указаны любые вещества, которые подходят под соответствующих класс или группу веществ.

Система оценивания:

1.	Каждое верное слово – по 1 б.	35 · 1 = 35 б.
2.	Каждое верное отнесение – по 1 б., если соотнесение неверно, то минус 1 б, но не меньше 0 баллов за пункт.	2 · 1 = 2 б.
3.	Каждая верная формула – по 0,5 б.	13 · 0,5 = 6,5 б.
4.	Каждая верная формула – по 0,5 б.	7 · 0,5 = 3,5 б.
	Всего:	47 баллов

Задание 2. (автор А.С. Романов)

1. Основные компоненты воздуха (земной атмосферы) это **N₂** и **O₂**, при этом молярная масса диоксида делится на 16, давая 2 г/моль, что соответствует водороду. Тогда «До» – **H₂**, «Ре» – **O₂**, «Ми» – **H₂O**. Обычно «лающий» звук издает пробирка, наполненная смесью водорода и кислорода, а звук «Па!» издается, когда поджигают чистый водород в пробирке. Уравнение реакции:



2. Получим формулу для расчёта молярной массы «Ля». В 100,0 г **H₂O** содержится 88,89 г кислорода, тогда в 100,0 г «Ля» содержится $88,89/1,222 = 72,74$ г кислорода, тогда $M(\text{«Ля»}) = 100,0x \cdot 16/72,74 = 22x$, где x – число атомов кислорода в формульной единице «Ля». При $x = 2$ получаем «Ля» = **CO₂**. Известно массовое содержание кислорода в оксиде двухвалентного металла, который образуется при взаимодействии кислорода и «Фа». Тогда $M(\text{оксида}) = 16/0,1046 = 153$ г/моль, что за вычетом молярной массы кислорода дает 137 г/моль и тогда это оксид бария. Учитывая, что «Фа» является щелочноземельным металлом, реагирует с водой и разбавленной кислотой «Си» с выделением водорода, то «Фа» – **Ba**. При взаимодействии бария с кислородом около 500 °С образуется пероксид бария **BaO₂**, что можно подтвердить по массовому содержанию кислорода. При взаимодействии щелочных и щелочноземельных металлов с водой образуются гидроксиды этих металлов, тогда «Соль» – **Ba(OH)₂**. Наконец, учитывая, что «Си» – кислота и наличие серы в ней, получаем «Си» – **H₂SO₄**. Уравнения реакций:

«Ми-Фа»: $2\text{H}_2\text{O} + \text{Ba} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$; «До-Фа»: $\text{H}_2 + \text{Ba} \rightarrow \text{BaH}_2$; «Соль-Ля»: $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2(\text{нед.}) \rightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; «Соль-Ля»: $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2(\text{изб.}) \rightarrow \text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$; «Ре-Фа»: $\text{O}_2 + 2\text{Ba} \xrightarrow{t > 500^\circ\text{C}} 2\text{BaO}$; «Ре-Фа»: $\text{O}_2 + \text{Ba} \xrightarrow{500^\circ\text{C}} \text{BaO}_2$; «Фа-Си»: $\text{Ba} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{H}_2$; «Фа-Си»: $4\text{Ba} + 9\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow 4\text{Ba}(\text{HSO}_4)_2$ (или BaSO_4) + $\text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$; «Соль-Си»: $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$; «До-Ля»: $\text{H}_2 + \text{CO}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}, p, \text{cat}} \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$.

3. В ходе анализа карбонат бария (BaCO_3) переводят в сульфат бария (BaSO_4), который затем подвергают прокаливанию и взвешиванию. Запишем точные молярные массы этих веществ: $M(\text{BaCO}_3) = M(\text{Ba}) + 12,011 + 15,9994 \cdot 3 = M(\text{Ba}) + 60,0092$; $M(\text{BaSO}_4) = M(\text{Ba}) + 32,065 + 15,9994 \cdot 4 = M(\text{Ba}) + 96,0626$. Теперь можно получить начальную и конечную массу бария: $m_0(\text{Ba}) = 1,0000 \cdot (M(\text{Ba}) / (M(\text{Ba}) + 60,0092))$; $m(\text{Ba}) = 1,1179 \cdot (M(\text{Ba}) / (M(\text{Ba}) + 96,0626))$. Подставим начальную и конечную массу бария в закон радиоактивного распада и получим молярную массу бария:

$$m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{\tau_{1/2}}} \Rightarrow 1,1179 \frac{M(\text{Ba})}{M(\text{Ba}) + 96,0626} = 1,0000 \frac{M(\text{Ba})}{M(\text{Ba}) + 60,0092} \cdot 2^{-\frac{1}{12,752}}$$

$$= 1,0000 \frac{M(\text{Ba})}{M(\text{Ba}) + 96,0626} \cdot 0,947095 \Rightarrow M(\text{Ba}) = 139,90 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Молярная масса полученного изотопа наиболее близка к $^{140}_{56}\text{Ba}$ ($M(^{140}_{56}\text{Ba}) \approx 139,91 \text{ г/моль}$), округлив значение молярной массы до целого числа, получим $^{140}_{56}\text{Ba}$. Обратим внимание, что расчет без учета потери бария из-за радиоактивного распада дает $M(\text{Ba}) = 245,79 \text{ г/моль}$, что конечно, не подходит. Грубый расчет с округлением $M(\text{CO}_3) = 60 \text{ г/моль}$ и $M(\text{SO}_4) = 96 \text{ г/моль}$, дает $M(\text{Ba}) = 139,62 \text{ г/моль}$, что всё ещё позволяет сделать выбор в пользу верного изотопа.

Пояснение: при распаде бария-140 образуется лантан-140: $^{140}_{56}\text{Ba} \rightarrow ^{140}_{57}\text{La} + e^-$, при этом лантан-140 также является радиоактивным ($\tau_{1/2} = 1,6781 \text{ сут.}$) и претерпевает дальнейший распад с образованием стабильного изотопа церия-140: $^{140}_{57}\text{La} \rightarrow ^{140}_{58}\text{Ce} + e^-$. При этом, учитывая баланс электронейтральности, из Ba^{2+} образуется ион La^{3+} , из которого в свою очередь образуется Ce^{4+} . Сульфаты $\text{La}(\text{III})$ и $\text{Ce}(\text{IV})$ растворимы в среде разбавленной серной кислоты (которая находится в избытке), поэтому осадок, содержащий сульфат бария, теряет в массе за счёт превращения в растворимые сульфаты лантана(III) и церия(IV). Электрон, который покидает ядро, при этом встречается с водородом(I) в водном растворе и восстанавливает его: $2e^- + 2\text{H}^+(\text{H}_2\text{O}) \rightarrow \text{H}_2(+\text{OH}^-)$. Таким образом, можно записать уравнения процессов, которые протекают при нахождении сульфата бария в водном растворе в виде осадка:



Старение осадка в течение 1 суток (а лучше 1 недели) необходимо провести для укрупнения частиц сульфата бария, иначе они будут забивать поры фильтра, снижая скорость фильтрации до нуля.

Система оценивания:

1.	Формулы «До», «Ре», «Ми», уравнение реакции «До-Ре» – по 1 б., объяснение – 0,5 б.	$1 \cdot 3 + 1 + 0,5 = 4,5 \text{ б.}$
2.	Уравнения химических реакций и формулы веществ «Фа» – «Си» по 1 б.	$1 \cdot 10 + 1 \cdot 4 = 14 \text{ б.}$
3.	Точный расчёт молярной массы изотопа бария – 5 б., если расчёт верный, но грубый, то он оценивается в 4 б., верная запись изотопа в пределах значения массового числа от 100 до 200 – 1 б.	$5 \cdot 1 + 1 = 6 \text{ б.}$
Всего:		24,5 балла

Задание 3. (авторы А.С. Романов, М.Е. Жежера)

1. Молярная масса белого фосфора (P_4) составляет 124 г/моль. Следовательно, молярная масса **А** равна $124 / 4 = 31 \text{ г/моль}$, что соответствует **красному фосфору**.

Зарядовое число фосфора – 15. Элемент с зарядовым числом на 1 больше – это сера (16). Таким образом, спички назывались **серными**.

Коробок модифицировали: на одну из его сторон **нанесли абразив**. При трении головки спички

(содержащей в основном бертолетову соль и восстановитель) о такую поверхность, смесь разогревается и воспламеняется. Ранее пропитка красным фосфором и такая модификация не требовались, поскольку зажигательная смесь на основе белого фосфора воспламеняется даже от слабого трения, например о стену здания или о подошву ботинка.

2. Сравнивая схему и текст перед ней можно заметить, что **В** – **KClO₃**. Антимонит является сульфидным минералом и содержит сурьму, можно рассчитать молярную массу сульфида сурьмы Sb₂S_x: $M(Sb_2S_x) = 122 \cdot 2 / 0,7176 = 340 \text{ г/моль} = 122 \cdot 2 + 32x \Rightarrow x = 3$ и **С** – **Sb₂S₃**. Запишем уравнения реакций: [1]: $4P_{кр} \xrightarrow{t^{\circ}C} P_4$; [2]: $P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$ (или P_2O_5); [3]: $2KClO_3 \xrightarrow{t^{\circ}C, MnO_2} 2KCl + 3O_2$; [4]: $2Sb_2S_3 + 9O_2 \xrightarrow{t^{\circ}C} 2Sb_2O_3$ (или Sb_2O_5) + $6SO_2$; [5]: $KCl + NaClO_3 \rightarrow KClO_3 + NaCl$.

В данном последовательном процессе **В** выступает в роли окислителя («генератор кислорода»), а **С** – в роли восстановителя («горючего» или «топлива»).

3. Количество теплоты, необходимое для нагрева бертолетовой соли от температуры T₁ до температуры T₂, можно рассчитать по формуле $Q = Cm(T_2 - T_1) = 0,919 \cdot 0,010 \cdot (200 - 20) = 1,6542 \text{ Дж}$. При сгорании 1 моль P₄ выделяется 3040 кДж теплоты, тогда по пропорции, при сгорании $1 \cdot 1,6542 / (3040 \cdot 1000) = 5,441 \cdot 10^{-7}$ моль P₄ выделяется 1,6542 Дж теплоты. Тогда $m(P_4) = 5,441 \cdot 10^{-7} \cdot 31 \cdot 4 = 0,0000675 \text{ г белого фосфора}$ требуется для нагрева 0,010 г бертолетовой соли до 200 градусов Цельсия.

4. При взаимодействии цинка с серной кислотой выделяется водород и образуется сульфат цинка: [6]: $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$. Далее водород взаимодействует с кислородом на платине с образованием воды: [7]: $2H_2 + O_2 \xrightarrow{Pt} 2H_2O$. По стехиометрии реакции [6] можно заметить, что из 1 моль цинка образуется 1 моль водорода, тогда $n(H_2) = n(Zn) = 50/65 = 0,7692 \text{ моль} \Rightarrow m(H_2) = 0,7692 \cdot 2 = 1,538 \text{ г}$. При сгорании такого количества водорода выделяется **Q = 1,538 · 120,9 = 186 кДж теплоты**.

5. В общем случае мишметаллом (нем. *mischmetal* – смесь металлов) называют сплав смеси редкоземельных элементов, в основном церия, лантана, неодима с железом, кремнием и другими элементами. Мишметалл, состоящий из церия и железа (а также лантана, неодима и празеодима), называют **ферроцерием**. Массовое содержание кислорода в Fe₃O_y равно $16y / (56 \cdot 3 + 16y)$, тогда массовое содержание кислорода в CeO_x равно $(1 - 0,3258) \cdot 16y / (56 \cdot 3 + 16y) = 16x / (140 + 16x)$. При этом $\frac{\omega(Ce)}{\omega(Fe)} = 1,124 = \frac{140 \cdot (56 \cdot 3 + 16y)}{56 \cdot 3 \cdot (140 + 16x)}$. Проведем манипуляции с предыдущим уравнением. Разделим обе части на 16, на 56·3 и домножим обе части на 140 и на (56·3 + 16y). Запишем результат:

$$\frac{(1 - 0,3258)16y}{(56 \cdot 3 + 16y)} \cdot \frac{140 \cdot (56 \cdot 3 + 16y)}{16 \cdot 56 \cdot 3} = \frac{16x}{(140 + 16x)} \cdot \frac{140 \cdot (56 \cdot 3 + 16y)}{16 \cdot 56 \cdot 3} = 1,124x$$

В итоге мы получили $\frac{140(1-0,3258)y}{56 \cdot 3} = 1,124x$, откуда получаем $y = 2x$. Подставляя $x = 2$, получаем $y = 4$ и тогда CeO_x = CeO₂, Fe₃O_y = Fe₃O₄. Этот же результат можно получить однозначно, подставив соотношение $y = 2x$ в любое из двух уравнений. Уравнения сгорания металлов: [8]: $Ce + O_2 \rightarrow CeO_2$; [9]: $3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4$. Если участник олимпиады помнит состав одного или двух оксидов, которые образуются при сгорании металлов на воздухе, то расчет упрощается или, соответственно, его вовсе проводить не требуется.

6. Один грамм мишметалла содержит 0,15 г железа и 0,85 г церия, что соответствует $n(Fe) = 0,15/56 = 0,002679 \text{ моль}$ и $n(Ce) = 0,85/140 = 0,006071 \text{ моль}$. На образование 1 моль Fe₃O₄ требуется 3 моль железа, таким образом $n(Fe_3O_4) = 0,000893 \text{ моль}$, $n(CeO_2) = n(Ce) = 0,006071 \text{ моль}$. Образование оксидов из простых веществ является и процессом сгорания простых веществ. Тогда теплота сгорания 1,0 г мишметалла равна $Q = 0,000893 \cdot 1120 + 0,006071 \cdot 1088,8 = 7,61 \text{ кДж/г смеси}$. Для выполнения расчетов в этом пункте не требуется знать точные формулы оксидов, поэтому участник олимпиады может проводить расчеты с использованием формул CeO_x и Fe₃O_y.

7. В камере сгорания находится 0,1 мл смеси, состоящей из 8,5 об. % бутана с воздухом. Можно рассчитать число моль газа в этой смеси: $n = 0,1 \cdot 10^{-3} / 24,04 = 4,16 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$. Теперь можно рассчитать и количество теплоты, затрачиваемое на нагрев этой смеси $Q = Cn(T_2 - T_1) = 41,3 \cdot 4,16 \cdot 10^{-6} \cdot 400 = 0,0687 \text{ Дж}$. Один грамм стружки сгорает с выделением 7,61 кДж теплоты, тогда 0,0687 Дж выделяется при сгорании $1 \cdot 0,0687 / 7610 = 9,03 \cdot 10^{-6} \text{ г}$. Массы реально высекаемой стружки металла может и не хватить для нагрева всей смеси, однако достаточно создать локальный нагрев смеси, в этой области начнется

горение бутана, которое распространится на весь объем смеси.

Примечание: при наличии одной арифметической ошибки при расчетах в п. 3, 4, 6, 7 снимается 1 балл, более 1 ошибки – 0 б за пункт.

Система оценивания:

1.	Название вещества <i>A</i> , заполнение пропуска, описание модификации коробка, объяснение – по 0,5 б.	$0,5+0,5+0,5+0,5 = 2 \text{ б.}$
2.	Формулы <i>B</i> , <i>C</i> – по 1 б; уравнения реакций [1] – [5] – по 1 б., указание ролей <i>B</i> и <i>C</i> – по 0,5 б.	$1\cdot2+1\cdot5+0,5\cdot2 = 8 \text{ б.}$
3.	Расчет массы белого фосфора – 3 б.	$3\cdot1 = 3 \text{ б.}$
4.	Уравнения реакций [6], [7] – по 1 б., ресурс работы водородного огня – 3 б.	$1\cdot2+3 = 5 \text{ б.}$
5.	Название мишметалла – 0,5 б., уравнения реакций [8], [9] – по 1 б., значения <i>x</i> , <i>y</i> или формулы оксидов – по 1 б.	$0,5+1\cdot2+1\cdot2 = 4,5 \text{ б.}$
6.	Расчет теплоты сгорания 1,0 г мишметалла – 3 б.	3 б
7.	Расчет массы сгораемой стружки – 3 б.	3 б
	Всего:	28,5 баллов