**Задание 1. (автор В.А. Емельянов).**

1. По содержанию в воздухе «огненного», и «безжизненного» (по Кавендишу «испорченного») воздуха, в пропорциях 1/5 и 4/5 объема соответственно, можно сделать вывод о том, что «огненный» воздух – кислород (21 об. % в воздухе), «безжизненный» – азот (78 об. % в воздухе). Тогда «фиксируемым» воздухом, скорее всего, называли углекислый газ (0,03-0,04 об. % в воздухе). Название «магнезия» наводит на мысль о том, что это соединение магния, выделяющее CO₂, при нагревании, скорее всего карбонат магния. При ее нагревании потеря массы составляет $44/84,3 = 0,53 = 25/48$, что совпадает с данными Блэка.

б) Поскольку мольные и объемные проценты для газовых смесей совпадают, для любого газа этот коэффициент равен единице.

а) Чтобы пересчитать объемные (они же мольные, см. п. б) проценты в массовые, надо умножить их на коэффициент, равный отношению молярной массы газа к 29 – средней молярной массе воздуха:

для O₂ – $32/29 = 1,103$; для N₂ – $28/29 = 0,966$; для CO₂ – $44/29 = 1,517$.

2. Современные названия: мягкая магнезия – карбонат магния – MgCO₃, горькая соль – сульфат магния – MgSO₄ (точнее, его гептагидрат, MgSO₄*7H₂O), поташ – карбонат калия – K₂CO₃, кислота купороса – серная кислота – H₂SO₄, кислота селитры – азотная кислота – HNO₃, кислота обыкновенной соли – соляная кислота – HCl.

3. Уравнения реакций: [1] MgSO₄ + K₂CO₃ = K₂SO₄ + MgCO₃↓; [2] MgCO₃ + H₂SO₄ = MgSO₄ + H₂O + CO₂↑;

[3] MgCO₃ + 2HNO₃ = Mg(NO₃)₂ + H₂O + CO₂↑; [4] MgCO₃ + 2HCl = MgCl₂ + H₂O + CO₂↑;

[5] MgCO₃ \xrightarrow{t} MgO + CO₂↑; [6] MgO + H₂SO₄ = MgSO₄ + H₂O; [7] C + O₂ = CO₂;

[8] CO₂ + 2KOH = K₂CO₃ + H₂O; [9] Sn + O₂ = SnO₂ (78,8 % Sn); [10] 3Fe + 2O₂ = Fe₃O₄ (72,4 % Fe);

[11] S + O₂ = SO₂; [12] 2P + 5O₂ = P₂O₅ (или P₂O₃).

4. В настоящее время в промышленности азот и кислород получают перегонкой жидкого воздуха.

В лаборатории азот получают нагреванием смеси растворов солей аммония с нитритами щелочных металлов или термоллизом азидов натрия: NH₄Cl + NaNO₂ \xrightarrow{t} NaCl + 2H₂O + N₂↑, 2NaN₃ \xrightarrow{t} 2Na + 3N₂↑.

Кислород получают электролизом водного раствора щелочи или каталитическим разложением перекиси водорода: 2H₂O = 2H₂ + O₂; 2H₂O₂ = 2H₂O + O₂ (kt = MnO₂ и др. соедин-я перех. металлов).

5. Уравнения реакций:

[13] N₂ + O₂ = 2NO; [14] 2NO + O₂ = 2NO₂; [15] 2NO₂ + 2KOH = KNO₃ + KNO₂ + H₂O; [16] 3Mg + N₂ = Mg₃N₂.

Основной способ фиксации азота, в настоящее время использующийся в промышленности, это синтез аммиака: N₂ + 3H₂ $\xrightarrow[t=450-550\text{ }^\circ\text{C}, p=100-1000\text{ атм}, kt=\gamma-Fe]$ 3NH₃. Он называется процессом Габера-Боша (или процессом Габера).

6. Рамзай и Рэлей в 1894 г. сообщили об открытии аргона, объемная доля которого в воздухе, по данным Рамзая, составляет немногим менее 0,1/10 = 0,01 или 1 %. Данные Рэля, представленные в задаче, более точны, проведем вычисления по ним, как требуется в условии задачи.

а) Известно, что средняя молярная масса воздуха составляет 29 г/моль, тогда в 1 моле воздуха содержится 0,01288*29 = 0,37352 г аргона. При молярной массе аргона 39,95 г/моль, его количество в 1 моле воздуха составит 0,37352/39,95 = 9,350*10⁻³ моля. Таким образом, мольная (она же и объемная) доля аргона в воздухе составляет 0,00935 или 0,935 %.

б) Количество аргона в 1 м³ воздуха, по данным Рэля, составляет 15,28/39,95 = 0,3825 моля, количество его атомов 6,02*10²³*0,3825 = 2,30*10²³.

7. Элемент, который впервые был обнаружен на Солнце, а уже потом – в минерале клевеите (как один из продуктов ядерного распада урана), это гелий. Его Рамзай обнаружил на Земле в 1895 г. Следующие 3 газа,

входящих в состав воздуха, об открытии которых Рамзай сообщил в 1898 г., это неон, криптон и ксенон.

Рамзай предложил поместить открытые им элементы в нулевую группу и только спустя более, чем полвека этой группе присвоили вначале номер VIIIA, а затем номер 18. Общее название элементов этой группы благородные газы, инертные газы, иногда встречаются названия редкие газы и аэрогены.

Перевод латинских названий благородных газов на русский язык соотносится с названиями элементов следующим образом: затаившийся – криптон, инертный – аргон, чужой – ксенон, лучистый – радон, солнечный – гелий, новый – неон.

8. Компонент атмосферного воздуха, содержание которого довольно велико (3,1 % - это очень большая величина, такой компонент невозможно не заметить), но очень сильно зависит от многих внешних факторов, это вода. Именно по той причине, что ее содержание в воздухе колеблется в больших пределах, в справочниках и учебниках приводят состав сухого воздуха.

Второй вопрос (какой воздух тяжелее – сухой или мокрый) имеет давнюю историю. Несмотря на очевидный верный ответ, на него очень часто отвечают неправильно, ассоциируя воздух с обычными вещами, которые увеличивают свой вес при намокании. На самом деле водяной пар (газообразная вода) имеет молярную массу 18 г/моль, а средняя молярная масса воздуха 29 г/моль. Поэтому воздух с высоким содержанием водяных паров будет легче, чем более сухой воздух.

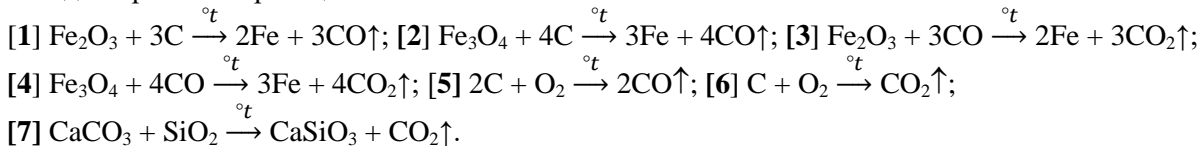
Система оценивания:

1.	Формулы, названия воздушов, их содержание и коэффициенты пересчета в массовые проценты по 0,5 б., в мольные 1 б. за все 3.	$(0,5*4)*3+1 = 7 \text{ б.}$
2.	Формулы и названия веществ по 0,5 б.	$(0,5+0,5)*6 = 6 \text{ б.}$
3.	Уравнения реакций [1] – [12] по 1 б.	$1*12 = 12 \text{ б.}$
4.	Перегонка жидкого воздуха 1 б., лаб. способы по 1 б.	$1+(1+1)*2 = 5 \text{ б.}$
5.	Уравнения реакций [13] – [16] по 1 б., способ фиксации 2,5 б. (уравнение реакции 1 б., t, p и kt по 0,5 б.).	$1*4+2,5 = 6,5 \text{ б.}$
6.	Аргон 1 б., расчеты а-б по 2 б.	$1+2*2 = 5 \text{ б.}$
7.	Гелий 0,5 б., неон, криптон и ксенон 0,5 б. за все 3, группа 0,5 б. (0, VIIIA или 18), название 0,5 б., верное соотношение по 0,5 б.	$0,5*4+0,5*6 = 5 \text{ б.}$
8.	Вода 1 б., верный ответ 0,5 б., обоснование 1 б.	$1+0,5+1 = 2,5 \text{ б.}$
	Всего:	49 баллов

Задание 2. (авторы И.А. Трофимов, А.С. Романов).

1. Бронза – сплав меди с оловом; значит, дефицитным компонентом было **олово**. Примечательно, что до сих пор точно не известен его источник; скорее всего, торговля оловом велась с народами Британских островов. Древние цивилизации сейчас часто воспринимаются, как примитивные, но, как минимум, возможность поддержки торговых связей между Критом, Египтом и Британскими островами даже в то время показывает, что они были достаточно продвинутыми.

2. Знание истории в совокупности с описанием метода выделения металла **X**, названием его минералов и использовании его сплавов с углеродом наводит на вывод о том, что **X – железо**. Оксиды **A – Fe₂O₃** и **B – Fe₃O₄**, что можно подтвердить также расчётом по массовой доле металла, зная, что искомые вещества – оксиды. Уравнения реакций:



Найдем массовые доли оксидов в руде. Положим, что есть 100,0 г руды, тогда 91,00 г приходится на оксиды железа. Масса железа в этих оксидах может быть выражена через массы компонентов смеси: $m_A\omega_A + m_B\omega_B = 64,08$; при этом имеем в виду $m_A + m_B = 91$ и $\omega_A = 0,7, \omega_B = 0,7241$. Решением этого уравнения является пара $m_A = 75,23$ и $m_B = 15,77$. Тогда массовые доли оксидов в руде: **A – 75,23%** и **B – 15,77%**.

3. Сплавы железа с высоким массовым содержанием углерода называют **чугуном**, а с низким (менее 2,14%) – **сталью**.

Как говорилось ранее, на Земле железо встречается в виде различных минералов, как правило, сульфидных или оксидных, в самородном виде не встречается из-за склонности к окислению в атмосфере Земли. Тогда логично ожидать возможность наличия самородного железа на небесных телах без атмосферы или с инертной атмосферой – ближайшим таким местом является **Луна**. Также засчитывается указание на наличие неокисленного железа в **земном ядре**; хотя оно несомненно ближе, чем Луна, доступность железа в земном ядре крайне сомнительна.

4. Так как антрацит – это тип угля, то в его составе точно есть C. По наличию азота после поглощения всех остальных компонентов газовой смеси устанавливается наличие N в антраците. Наконец, по наличию параметра влажности у антрацита устанавливается наличие H и O. Уравнения реакций: [8] $2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} 2\text{CuO}$; [9] $n\text{P}_4\text{O}_{10} + 2n\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{HPO}_3)_n$; [10] $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$.

C известковой водой могут реагировать NO_2 (или N_2O_4), N_2O_3 и N_2O_5 : $4\text{NO}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{N}_2\text{O}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$. В ходе сгорания антрацита не могут образоваться N_2O_3 и N_2O_5 , поскольку эти оксиды разлагаются даже при небольшом нагревании.

5. Сначала антрацит нагревают в токе азота, при этом не происходит горения, но при этой температуре теряется масса; она соответствует массе адсорбированной воды (масса угля с адсорбированной влагой называется рабочей массой, масса угля без адсорбированной влаги – сухая масса, масса угля без адсорбированной влаги и золы – горючая масса, а если убрать ещё массу серы то получим органическую массу). Тогда влажность антрацита равна $(m_{\text{антр}} - m_{\text{сух}})/m_{\text{антр}} = (15,00 - 14,46)/15,00 = 0,036$ или **3,6%**. Найдём теперь массы элементов, входящих в сухой антрацит. Легче всего найти массу азота: $m_N = m_{N_2} = M_r \cdot n_{N_2} = M_r \cdot (V_{N_2}/V_M) = 28 \cdot (0,05784/22,4) = \mathbf{0,07230 \text{ г}}$. Затем находятся массы углерода: $m_C = M_r(C) \cdot n_C = M_r(C) \cdot n_{\text{CaCO}_3} = M_r(C) \cdot (m_{\text{CaCO}_3}/M_r(\text{CaCO}_3)) = 12 \cdot (106,3/100) = \mathbf{12,76 \text{ г}}$ – и водорода: $m_H = M_r(H) \cdot n_H = M_r(H) \cdot 2n_{\text{H}_2\text{O}} = M_r(H) \cdot (m_{\text{H}_2\text{O}}/M_r(\text{H}_2\text{O})) = 1 \cdot 2(2,954/18) = \mathbf{0,3282 \text{ г}}$. Суммарная масса этих элементов и золы равна $m_{\text{сум}} = m_C + m_H + m_N + m_{\text{золы}} = 14,12 \text{ г} \neq m_{\text{сух}}$. Наличие разницы в массе может соответствовать неучтённому элементу, содержащемуся в горючей массе и попавшему в продукты горения. Наиболее очевидный такой элемент – это кислород. Массовые доли C, H и N находим по формуле $\omega_{\text{эл}} = m_{\text{эл}}/m_{\text{сух}}$, долю O – путём вычитания известных долей (C, H, N и золы) из 100%. Получаем такое массовое содержание элементов: C – **88,24%**, H – **2,270%**, N – **0,5000%**, O – **2,350%**.

Если считать кислород в сухой массе с учётом кислорода, содержащегося в соединениях золы (в первую очередь оксидов кремния, в меньшей степени алюминия, и в ещё меньшей – остальных элементов) то с хорошей точностью можно считать, что половина массы золы – это тоже кислород. Тогда кислорода в антраците было ещё $0,5 \cdot 0,9601 = 0,48 \text{ г}$, что составит ещё $0,48/(15 - 0,9601) = 0,0342$ или **3,42 %**. Таким образом, оценка общего содержания кислорода в сухой массе – $2,35 + 3,42 = \mathbf{5,77 \%}$.

Если посчитать, что приходится на все остальные элементы, то выходит $100 - 5,77 - 0,5 - 2,27 - 88,24 = 3,22 \text{ %}$ или $0,0322 \cdot (15 - 0,9601) = 0,452 \text{ г}$. От массы золы это составит $0,452/0,9601 = 0,471$ или **47,1 %**. Это практически совпадает с нашим допущением о том, что половина массы золы – это кислород, а половина – остальные элементы.

И, наконец, можно попытаться оценить содержание в сухой массе ещё и такого элемента, как кремний. Его массовая доля в земной коре, по разным источникам, составляет **27,6–29,5 %**, т.е. больше четверти массы (четверть – это число, которое можно помнить, точнее – уже сомнительно). Приняв, что в золе его содержание приблизительно такое же (а скорее, даже больше), оценим его массу: $0,9601 \cdot 0,25 = 0,2400 \text{ г}$, что составит $0,24/(15 - 0,9601) = 0,0171$ или **1,7 %**. Если взять для оценки массовую долю кремния **0,3**, то получится **2,05 %**. В любом случае выходит, что кремния в этом образце антрацита больше, чем азота, и кремний, как один из 4 основных элементов антрацита тоже будет зачтен как правильный ответ.

Упрощённая схема реакции горения антрацита: $\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_d\text{O}_e + (a+b/4 - e/2)\text{O}_2 \rightarrow a\text{CO}_2 + (b/2)\text{H}_2\text{O} + (d/2)\text{N}_2$. По следствию из закона Гесса $\Delta Q_{\text{сгор.}} = aQ_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) + \frac{b}{2}Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O})$.

Для водородсодержащего топлива существуют две удельных теплоты сгорания: высшая, составляющая количество выделившегося тепла при условии образования жидкой воды, и низшая, отличающаяся от высшей на теплоту испарения воды.

Для нахождения теплоты сгорания исходного антрацита используем количества образовавшихся CO_2 (равно таковому CaCO_3) и H_2O , полученные ранее. Для высшей теплоты расчет будет заметно проще:

$Q_{\text{сгор. высш.}} = n_{\text{CO}_2} Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) + n_{\text{H}_2\text{O}} Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) = 1,063 \cdot 393,5 + 0,1641 \cdot 285,8 = \mathbf{465,19 \text{ кДж}}$. Удельная высшая

теплота сгорания составит: $Q_{\text{уд. высш.}} = \frac{Q_{\text{сгор. высш.}}}{m_{\text{антр}}} = \frac{0,46519 \text{ МДж}}{0,015 \text{ кг}} = \mathbf{31,01 \text{ МДж/кг}}$.

Для расчета низшей теплоты надо учесть затраты тепла на испарение воды, образовавшейся при сгорании сухого антрацита, а также на испарение влаги, изначально содержавшейся в образце антрацита.

$Q_{\text{сгор. сух. низш.}} = n_{\text{CO}_2} Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) + n_{\text{H}_2\text{O}} Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}) = n_{\text{CO}_2} Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) + n_{\text{H}_2\text{O}} [Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) - Q_{\text{исп.}}(\text{H}_2\text{O})] = 1,063 \cdot 393,5 + 0,1641 \cdot (285,8 - 44,00) = \mathbf{458,0 \text{ кДж}}$. $Q_{\text{исп. влаги}} = n_{\text{влаги}} Q_{\text{исп.}}(\text{H}_2\text{O}) = (m_{\text{влаги}}/M_r(\text{H}_2\text{O})) \cdot Q_{\text{исп.}}(\text{H}_2\text{O}) = \mathbf{1,32 \text{ кДж}}$. В итоге $Q_{\text{сгор. низш.}} = Q_{\text{сгор. сух.}} - Q_{\text{исп. влаги}} = \mathbf{456,7 \text{ кДж}}$ тепла выделится при сжигании **15,00 г** антрацита при условии образования воды в виде газа. Для нахождения низшей удельной теплоты сгорания

разделим теплоту на массу: $Q_{уд. низш.} = \frac{Q_{сгор. низш.}}{m_{антр}} = \frac{0,4567 \text{ МДж}}{0,015 \text{ кг}} = 30,45 \text{ МДж/кг.}$

Наконец, если не подумать о необходимости затрат тепла на испарение исходной влаги, получится

промежуточное значение $Q_{сгор. промеж.} = 458,0 \text{ кДж}$ и $Q_{уд. промеж.} = \frac{Q_{сгор. промеж.}}{m_{антр}} = \frac{0,45 \text{ МДж}}{0,015 \text{ кг}} = 30,53 \text{ МДж/кг.}$

Все три значения хорошо сходятся с реальными значениями удельной теплоты сгорания антрацита, несмотря на применённые оценки и приближения. Понятно, что низшая теплота сгорания более всего соответствует реальности, однако в справочниках чаще приводят значения высшей теплоты сгорания. Тогда логичнее всего будет зачесть любое из трех приведенных вычислений как правильное.

6. При сжигании разбавленного образца нефти образуются CO_2 , H_2O , N_2 , и SO_2 . При пропускании такой смеси в раствор перекиси водорода протекает реакция окисления сернистого газа: [11] $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$. При этом остальные продукты сгорания не влияют на определение серы. Найдем массу серы, которая содержится в выпавшем осадке сульфата бария по реакции [12] $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$:

$m(S) = 0,2554 \frac{32}{233} = 0,03508 \text{ г}$, теперь можно найти массовое содержание серы в нефти с учётом разбавления:

$\omega(S) = \frac{0,03508}{10,00 - 0,836} = 0,42\%$.

7. Исходя из метода получения соли **С** наиболее логично предположить, что она является хлоридом металла **М** – MCl_n , где n – степень окисления **М** в его хлориде. Тогда при действии нашатырного спирта (водный раствор аммиака) на раствор этой соли скорее всего выпадает осадок гидроксида, который при прокаливании образует оксид M_2O_n массой 1,234 г. Теперь можно установить молярную массу металла **М**: $2n(\text{M}_2\text{O}_n) = n(\text{MCl}_n) \Rightarrow 2 \frac{1,234}{2\text{M}+16n} = \frac{3,23}{\text{M}+35,5n} \Rightarrow \text{M} = 9n$. При $n = 1$ получаем **М** – Ве, однако для бериллия нехарактерна степень окисления +1. Для $n = 2$ металла не существует, а для $n = 3$ получаем **М** – **Al**, для которого как раз характерна степень окисления +3 и описанные химические свойства. Тогда **С** – **AlCl₃**.

Уравнения реакций: [13] $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{t} 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}\uparrow$; [14] $\text{AlCl}_3 + 3\text{K(Hg)} \xrightarrow{t} \text{Al} + 3\text{KCl} + 3\text{Hg}\uparrow$;

[15] $\text{AlCl}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al(OH)}_3\downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$; [16] $2\text{Al(OH)}_3 \xrightarrow{t} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.

Амальгама — это сплав металла со ртутью.

8. Сначала сплав растворили в азотной кислоте: [17–20] $\text{Al} + 6\text{HNO}_3 \xrightarrow{t} \text{Al(NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$;

$\text{Mg} + 4\text{HNO}_3 \xrightarrow{t} \text{Mg(NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \xrightarrow{t} \text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;

$\text{Mn} + 4\text{HNO}_3 \xrightarrow{t} \text{Mn(NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$. Далее к данному азотнокислоте раствору добавили избыток щелочи: [21–23]: $\text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$; $\text{Mn(NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Mn(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$;

$\text{Mg(NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaNO}_3$; [24] $\text{NaOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; [25] $\text{Al(NO}_3)_3 + 4\text{NaOH} \rightarrow \text{Na[Al(OH)}_4] + 3\text{NaNO}_3$. Далее через щелочной раствор гидроксокомплекса алюминия пропускали углекислый газ: [26] $\text{Na[Al(OH)}_4] + \text{CO}_2(\text{изб}) \rightarrow \text{Al(OH)}_3\downarrow + \text{NaHCO}_3$; [27] $\text{NaOH} + \text{CO}_2(\text{изб}) \rightarrow \text{NaHCO}_3$. Далее гидроксид алюминия отфильтровали и прокалили, в результате чего образовался Al_2O_3 массой 17,89 г, что соответствует 9,471 г алюминия в сплаве. Рассчитаем массовую долю алюминия в сплаве: $\omega(\text{Al}) = \frac{9,471}{10,00} = 94,71\%$.

9. В XX веке человечество научилось проводить контролируемые цепные ядерные реакции для получения энергии, такие ядерные реакторы используют в качестве топлива элемент уран, конкретно его изотоп ^{235}U .

Система оценивания:

1.	Указание на олово – 1 б.	1 б.
2.	Формулы A , B и X , уравнения реакций 1–7, составление выражения для массовой доли X и доля каждого оксида – по 2 б.	$3 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 3 \cdot 2 = 16 \text{ б.}$
3.	Названия двух типов сплавов по 1 б., ближайший природный источник X – 0,5 б.	$2 \cdot 1 + 0,5 = 2,5 \text{ б.}$
4.	4 элемента – по 1 б., уравнения реакций 8–10 – по 1 б., уравнения реакций с оксидами азота – по 1 б., невозможность образования N_2O_3 и N_2O_5 – по 0,5 б.	$4 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 0,5 = 11 \text{ б.}$
5.	Расчёт влажности антрацита, массовых долей C , H , N по 2 б. Для кислорода: учет его количества в газовой смеси и в золе по 2 б. Расчёт удельной теплоты сгорания 2 б.	$2 + 2 \cdot 3 + 4 + 2 = 14 \text{ б.}$
6.	Уравнения реакций 11 и 12 по 1 б., масса серы в осадке – 1 б., массовое содержание серы в образце нефти – 2 б. (1 балл, если не учтено разбавление)	$2 \cdot 1 + 1 + 2 = 5 \text{ б.}$
7.	Металл M – 1 б., за уравнения реакций 13–16 и формулу соли C – по 1 б., за определение амальгамы – 0,5 б.	$1 + 4 \cdot 1 + 1 + 0,5 = 6,5 \text{ б.}$
8.	За уравнения реакций 17–27 по 1 б., массовое содержание алюминия в сплаве 2 б.	$11 \cdot 1 + 2 = 13 \text{ б.}$

9.	Указание на уран – 1 б.	1 б.
	Всего:	70 баллов

Задание 3. (автор Н.В. Рубан).

1. Рассчитаем молярную массу лактозы: Q (1 моль) = 1345 ккал или $1345 \cdot 4,2 = 5649$ кДж.

$M = \Delta H$ (1 моль) / ΔH (1 г) = 342 г/моль.

Брутто-формула лактозы: $C_x(H_2O)_y \Rightarrow 12 \cdot x + 18 \cdot y = 342$.

Составим второе уравнение: $6,02 \cdot 10^{23} \cdot (x + 3 \cdot y) = 2,71 \cdot 10^{25} \Rightarrow x + 3 \cdot y = 45$.

Решением системы уравнений являются $x = 12$, $y = 11$. Брутто-формула лактозы – $C_{12}H_{22}O_{11}$.

2. [1] $2C_{12}H_{22}O_{11} + 35O_2 = 24CO_2 + 22H_2O$.

3. Вычислим массу молока: $m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 1,03 = 1030$ г $\Rightarrow m_{\text{лактозы}} = 0,04 \cdot 1030 = 41,2$ г \Rightarrow при сгорании всей лактозы выделится $41,2 \cdot 16,5 = 679,8$ кДж.

$V(CO_2) = n(CO_2) \cdot V_m = 12 \cdot (m_{\text{лактозы}} / M_{\text{лактозы}}) \cdot 24,4 = 12 \cdot (41,2 / 342) \cdot 24,4 = 35,27$ л.

$V(H_2O) = n(H_2O) \cdot M(H_2O) / \rho(H_2O \text{ при } 25^\circ C) = 11 \cdot (m_{\text{лактозы}} / M_{\text{лактозы}}) \cdot 18 / 1 = 23,85$ мл или 0,02385 л.

4. При сгорании $0,04 \cdot 100 = 4$ г лактозы выделится $16,5 \cdot 4 = 66$ кДж или $66 / 4,2 = 15,7$ ккал, что составляет $15,7 / 54 = 0,291$ или 29,1 % от общей энергетической ценности молока.

5. $[L]_0 = 200 \cdot 1,03 \cdot 0,02 / (342 \cdot 0,2) = 0,0602$ М.

$V_{\text{(нач)}} = k_2 [\Phi]_0 [L]_0 / ([L]_0 + K_M) = 1,0097 \cdot 4 \cdot 10^{-9} \cdot 0,0602 / (0,0602 + 0,0024) = 2,431 \cdot 10^{-10} / 0,0626 = 3,88 \cdot 10^{-9}$ М/с.

6. Вычислим концентрацию добавленного фермента из БАД «Лактазар»:

$[\Phi]_0 (\text{лактазар}) = n(\Phi) / V_{\text{среды}} = m(\Phi) / (M(\Phi) \cdot V_{\text{среды}}) = 0,0585 / (320000 \cdot 0,2) = 9,14 \cdot 10^{-7}$ М. Для большей точности следует учесть исходную концентрацию фермента в молоке $[\Phi]_0 = 4 \cdot 10^{-9}$ М.

$[\Phi]_0 (\text{сумм.}) = [\Phi]_0 (\text{лактазар}) + [\Phi]_0 (\text{в молоке}) = 9,14 \cdot 10^{-7} + 4 \cdot 10^{-9} = 9,18 \cdot 10^{-7}$ М.

$V_{\text{(нач. с лактазаром)}} = k_2 [\Phi]_0 (\text{сумм}) [L]_0 / ([L]_0 + K_M) = 1,0097 \cdot 9,18 \cdot 10^{-7} \cdot 0,0602 / (0,0602 + 0,0024) = 8,91 \cdot 10^{-7}$ М/с.

7. БАД – биологически активная добавка.

8. Вычислим массу металла **В** по формуле:

$M(\text{Me}) = \left(\frac{1}{w(O)} - 1 \right) \cdot n \cdot M(O)$, где $M(O)$ – молярная масса кислорода, n – число атомов кислорода.

$n = 1/2$, $M(\text{Me}) = 36 \Rightarrow$ нет подходящего металла; $n = 1$, $M(\text{Me}) = 24 \Rightarrow$ Mg; $n = 3/2$, $M(\text{Me}) = 36 \Rightarrow$ нет подходящего металла; $n = 2$, $M(\text{Me}) = 48 \Rightarrow$ Ti.

Если металлом **В** является магний, то металлом **А**, степень окисления которого в составе соединений и атомная масса отличается на единицу, является Na. Для титана подходящего решения нет \Rightarrow металл **А** – натрий, металл **В** – магний.

9. [2] $2Na + O_2 = Na_2O_2$, при указании в качестве продукта Na_2O реакция оценивается в 0,5 б. При горении натрия пламя окрашивается в желтый цвет.

[3] $2Mg + O_2 = 2MgO$. Магний горит ослепительно белым пламенем. [4] $2Na + Cl_2 = 2NaCl$;

[5] $Mg + Cl_2 = MgCl_2$; [6] $2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2$; [7] $Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$.

Na и Mg не реагируют с щелочами, однако реагируют с водой, в которой по условию растворена щелочь:

[8] $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$. [9] $Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$.

Система оценивания:

№	Критерий	Балл
1	Брутто-формула лактозы – 4 б., без расчета – 0,5 б.	4
2	Уравнение реакции – 1 б.	1
3	Расчет количества теплоты – 2 б., объемы CO_2 и H_2O – по 2 б.	6
4	Расчет доли энергетической ценности, приходящейся на лактозу – 2 б.	2
5	Верный расчет – 3 б.	3
6	Верный расчет – 3 б.	3
7	Расшифровка аббревиатуры – 1 б.	1
8	Установление металлов А и В – по 2 б за каждый	4
9	Уравнения реакций – по 1 б., окраска пламени – по 1 б.	10
Всего:		34 балла