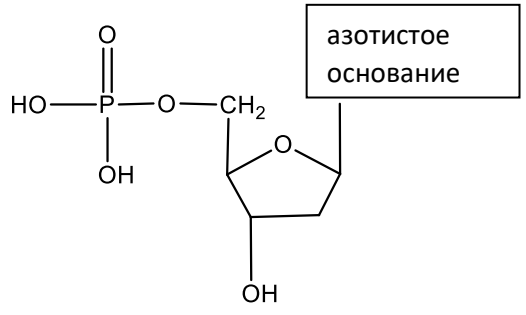


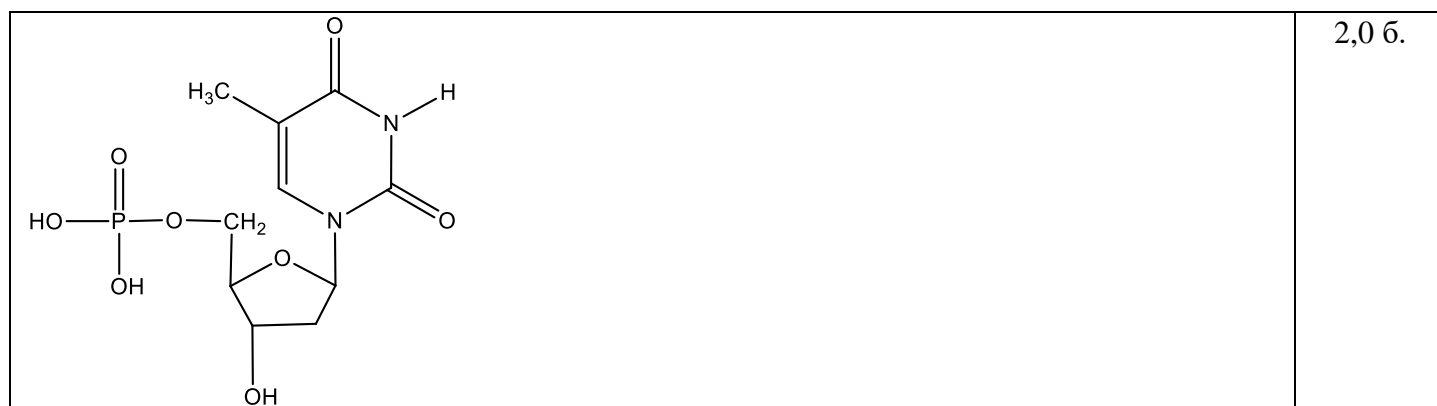
ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ
Республиканский тур, 10 февраля 2023 года, XII-ый класс
Решение и схема оценивания

Итого 70 баллов

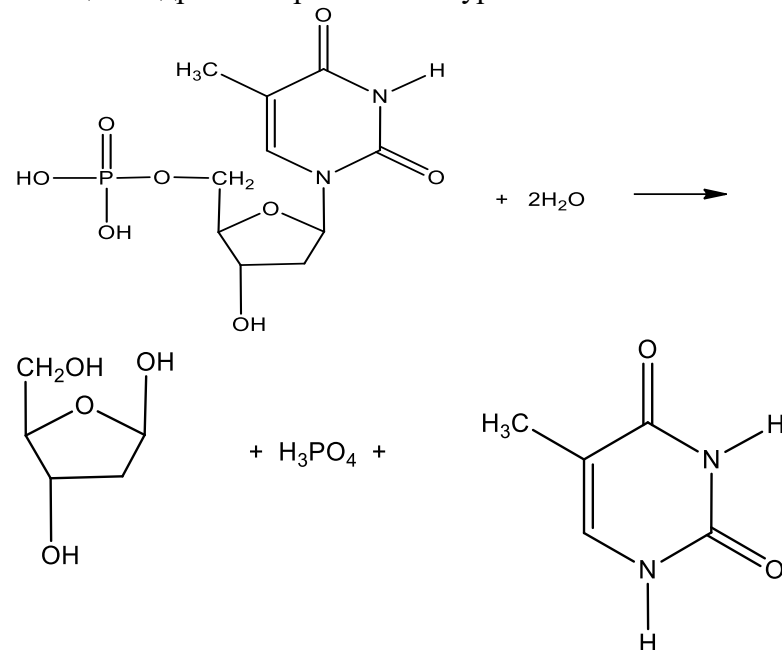
Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы
Тест	10 баллов
<p>1. Какой ион имеет наименьшую концентрацию в растворе, полученном при добавлении 0,1 моля Na_2SO_3 в 1,0 л дистиллированной воды?</p> <p>Na_2SO_3 гидролизует в водных растворах, в результате чего образуется слабый электролит – HSO_3^-, H_2SO_3. Из этого следует, что частица, имеющая наименьшую концентрацию в этом растворе – ион гидроксония.</p> <p>Ответ: d</p>	0,5 б.
<p>2. Ковер, занимающий всю площадь пола комнаты (размер комнаты равен: 5 х 4 м и высота 2,6 м), содержит 50% полиакрилонитрила ($M = 53n$). Известно, что при полном сгорании квадратного метра ковра массой 1 кг, HCN получается с выходом 5%. Какая будет концентрация HCN в г/м^3 в воздухе комнаты, при полном сгорании ковра?</p> <p>$V(\text{комнаты}) = 5 \cdot 4 \cdot 2,6 = 52 \text{ м}^3 = V(\text{воздуха})$ $m(\text{ковра}) = 20 \text{ м}^2 \cdot 1 \text{ кг/м}^2 = 20 \text{ кг}$ $m(\text{полиакрилонитрила}) = 10 \text{ кг (50\%)}$ 10 кг100% x5% $x = 0,5 \text{ кг} = 500 \text{ г}$ $m(\text{преобразованный полиакрилонитрил}) = 500 \text{ г} : 52 \text{ м}^3 = 9,615 \text{ г/м}^3$ 53 г 27 г HCN 9,615 г x</p> $x = \frac{9,615 \cdot 27}{53} = 4,9 \text{ г/м}^3$ <p>Ответ: c</p>	1,5 б.
<p>3. Водный раствор этиламина титруют водным раствором HCl. Какой индикатор будет наиболее подходящим чтобы установить точку эквивалентности? pK_b для $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ составляет 3,25.</p> <p>Этиламин — слабое основание, а соляная кислота — сильный электролит. В точке эквивалентности в системе будет соль, которая гидролизует и создает слабокислую среду. Лучшим индикатором для этого титрования является <i>Бромкрезол зеленый</i>, который меняет цвет в диапазоне pH 4,0 – 5,7.</p> <p>Ответ: b</p>	0,5 б.
<p>4. Определенное количество пептида P образует при гидролизе 58,5 г валина и 36,5 г лизина. Такое же количество пептида P образует при сгорании объем газов (н.у.), равный:</p> <p>Валин $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—CH}(\text{NH}_2)\text{—COOH}$ или $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$, $M(\text{Val}) = 117,15 \text{ г/моль}$. Лизин $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}(\text{NH}_2)\text{—COOH}$ или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$, $M(\text{Lys}) = 146,19 \text{ г/моль}$. $n(\text{Val}) = 58,5 \text{ г} / 117,15 \text{ г/моль} = 0,5 \text{ моль}$. $n(\text{Lys}) = 36,5 \text{ г} / 146,19 \text{ г/моль} = 0,25 \text{ моль}$. В пептиде P соотношение $n(\text{Val}) : n(\text{Lys}) = 0,5 : 0,25 = 2 : 1$, а количество пептида равна 0,25 моль. Пептид содержит 16 атомов углерода и 4 атома азота. При сгорании пептида получается: 1 моль пептида ----- 16 моль CO_2 0,25 моль пептида ----- x моль CO_2</p>	2,0 б.

<p>$x = 0,25 \cdot 16 / 1 = 4$ моль CO_2 и $V(\text{CO}_2) = 4$ моль $\cdot 22,4$ л/моль = 89,6 л. 1 моль пептида ----- 2 моль N_2 0,25 моль пептида ----- у моль N_2 $y = 0,25 \cdot 2 / 1 = 0,5$ моль N_2 и $V(\text{N}_2) = 0,5$ моль $\cdot 22,4$ л/моль = 11,2 л. $V(\text{газов}) = V(\text{CO}_2) + V(\text{N}_2) = 89,6$ л + 11,2 л = 100,8 л. Ответ: b</p>	
<p>5. Какой из перечисленных ниже полимеров не является биоразлагаемым? Не является биоразлагаемым метилполиметилметакрилат. Ответ: c</p>	0,5 б.
<p>6. Какую массу гашеной извести необходимо добавить к 10 л воды, которая содержит 0,015% гидрокарбоната кальция и 0,005% гидрокарбоната магния, чтобы устранить временную жесткость. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{CaCO}_3\downarrow + \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$</p> $D(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+}) \cdot 1000}{M(\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}) \cdot V(\text{H}_2\text{O})} + \frac{m(\text{Mg}^{2+}) \cdot 1000}{M(\frac{1}{2}\text{Mg}^{2+}) \cdot V(\text{H}_2\text{O})}$ <p>По закону эквивалентов:</p> $\frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+})} + \frac{m(\text{Mg}^{2+})}{M(\frac{1}{2}\text{Mg}^{2+})} = n\left(\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}\right) + n\left(\frac{1}{2}\text{Mg}^{2+}\right) = n\left(\frac{1}{2}\text{Ca}(\text{OH})_2\right) = \frac{m(\text{Ca}(\text{OH})_2)}{M(\frac{1}{2}\text{Ca}(\text{OH})_2)}$ $m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{D(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\frac{1}{2}\text{Ca}(\text{OH})_2) \cdot V(\text{H}_2\text{O})}{1000}$ $m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{\omega(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) \cdot m(\text{H}_2\text{O})}{100} = \frac{0,015 \cdot 10^4}{100} = 1,5 \text{ г}$ $m(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{\omega(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) \cdot m(\text{H}_2\text{O})}{100} = \frac{0,005 \cdot 10^4}{100} = 0,5 \text{ г}$ $D(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1,5 \cdot 1000}{81 \cdot 10} + \frac{0,5 \cdot 1000}{73 \cdot 10} = 2,54 \text{ ммоль/л}$ $m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{2,54 \cdot 37 \cdot 10}{1000} = 0,94 \text{ г}$ <p>Ответ: a</p>	2,0 б.
<p>7. Азот из катионного моющего средства: Азот из катионного моющего средства находится в состоянии sp^3-гибридизации. Ответ: a</p>	0,5 б.
<p>8. При 25 °С ионное произведение воды K_w равно 10^{-14}. При 25 °С, верно следующее утверждение: $\text{pOH} = 14 + \lg[\text{H}_3\text{O}^+]$ Ответ: b</p>	0,5 б.
<p>9. Белокочанная капуста содержит 92% воды и 4,8% углеводов, способных к молочнокислому брожению. Для засолки на каждый килограмм капусты добавляется один литр воды. Какая концентрация молочной кислоты будет в рассоле после полного брожения углеводов?</p>	1,0 б.

<p>$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3-CHON-COOH$ $m(\text{капусты}) = 1 \text{ кг}$ $m(H_2O) = 920 \text{ г}$ $m(\text{углеводов}) = 48 \text{ г}$</p> $\omega = \frac{48 \text{ г}}{1968 \text{ г}} \cdot 100\% = 2,4\%$ <p>Ответ: а</p>	
<p>10. Целлюлоза превращается в ксантогенат целлюлозы с реагентами:</p> $C_6H_7O_2(OH)_3]_n + nNaOH \rightarrow \left[C_6H_7O_2 \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{OH} \\ \text{ONa} \end{array} \right]_n + nH_2O$ $\left[C_6H_7O_2 \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{OH} \\ \text{ONa} \end{array} \right]_n + nCS_2 \rightarrow \left[C_6H_7O_2 \begin{array}{l} \text{OH} \\ \text{OH} \\ \text{O}-C(=S)-SNa \end{array} \right]_n$ <p>Ответ: б</p>	1,0 б.
<p>Задача 1 Дезоксирибонуклеотид содержит азот с массовой доли 8,7%. Образец этого нуклеотида массой 9,66 г подвергли гидролизу в кислой среде и продукты гидролиза обработали избытком гидроксида бария, в результате чего выпало 9,015 г осадка.</p> <p>Требуется:</p> <ol style="list-style-type: none"> установить структурную формулу дезоксирибонуклеотида; написать уравнения реакций. 	13 баллов
<p>Общая формула дезоксирибонуклеотида:</p>  <p>Продукты полного гидролиза в кислой среде дезоксирибонуклеотида являются дезоксирибоза, азотистое основание и фосфорная кислота. Только фосфорная кислота реагирует с гидроксидом бария.</p>	3,0 б.
$2H_3PO_4 + 3Ba(OH)_2 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2 \downarrow + 6H_2O$	1,0 б.
$n(Ba_3(PO_4)_2) = 9,015 \text{ г} : 601 \text{ г/моль} = 0,015 \text{ моль}$ $n(H_3PO_4) = 2 \cdot 0,015 = 0,03 \text{ моль}$	1,0 б.
$n(\text{дезоксирибонуклеотида}) = 0,03 \text{ моль}$ $M(\text{дезоксирибонуклеотида}) = 9,66 \text{ г} : 0,03 \text{ моль} = 322 \text{ г/моль}$	1,0 б.
<p>В одном моле дезоксирибонуклеотида содержится $322 \cdot 0,087 = 28 \text{ г}$, или $n(N) = 2$ моля. Это означает, что в состав азотистого основания входят два атома азота. Таких оснований два: тимин и урацил. Однако остаток урацила не может входить в состав дезоксирибонуклеотида. Остается тимин.</p>	1,0 б.
<p>Проверим этот вывод по молярной массе нуклеотида:</p> $M(\text{дезоксирибонуклеотида}) + 2M(H_2O) = M(C_5H_{10}O_4) + M(H_3PO_4) + M(\text{основания})$ $M(\text{основания}) = 322 + 36 - 134 - 98 = 126 \text{ г/моль}$	1,0 б.



Реакция гидролиза протекает по уравнению:



3,0 б.

- За правильное решение задачи 1 любым другим способом будет выставлен максимальный балл.

- В случае если приведенный ответ не подтвержден математическими расчетами, пункты не присваиваются

Задача 2 Белые порошки солей **A**, **B** и **C** имеют одинаковый качественный состав (содержат атомы / ионы одних и тех же химических элементов). Известно, что одним из элементов в их составе является натрий, массовая доля которого в соли **A** составляет 32,39%, в соли **B** – 36,50%, в соли **C** – 26,13%. При взаимодействии водного раствора нитрата серебра с растворами этих солей наблюдаются следующие явления:

**23
баллов**

- с солью **A** – выпадает осадок жёлтого цвета (реакция 1);

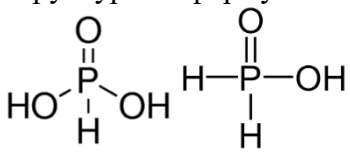
- с солью **B** – выпадает белый осадок (реакция 2), причём нагревание полученной смеси раствора с осадком приводит к его потемнению за счёт образования частиц серебра (реакция 3);

- с солью **C** – сразу начинают образовываться частицы серебра (реакция 4), причём процесс значительно ускоряется при нагревании до 50 °С.

Кислоты, соответствующие солям **B** (**BH**) и **C** (**CH**) при 20 °С представляют собой неокрашенные, легкоплавкие, хорошо растворимые в воде твёрдые вещества. При раздельном нагревании расплавов кислот **BH** и **CH** образуется газ **D** с запахом гнилой рыбы (реакции 5 и 6), плотность которого при нормальных условиях составляет 1,518 г/мл.

Требуется:

1. установить формулы и написать названия солей **A**, **B**, **C** и газа **D**;
2. привести структурные формулы и названия кислот **BH** и **CH**;
3. написать уравнения реакций 1–6.

Зная плотность газа D , можно рассчитать его молярную массу: $M(\mathbf{D}) = 1,518 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 34 \text{ г/моль}$.	1,0 б.
Из газообразных веществ такую массу имеют сероводород (H_2S) и фосфин (PH_3), причём известно, что оба они пахнут плохо. Тем не менее, гнилой рыбой пахнет именно фосфин. Это позволяет сделать вывод о том, что кислоты BH и CH , а, следовательно, и соли A – C содержат фосфор.	1,0 б.
Теперь попробуем вычислить формулы солей, исходя из информации о массовой доле натрия и из того, что в их состав входит фосфор (или сера).	1,0 б.
Допустим, в состав соли A входит только один атом натрия, тогда: $M(\mathbf{A}) = 23 / 0,3239 = 71 \text{ г/моль}$. Вычитаем атомную массу натрия (23 г/моль), получается, что молярная масса кислотного остатка 48 г/моль. Это либо сера и кислород, либо фосфор, водород и кислород. Тогда формула соли будет $(\text{NaSO})_n$ или $(\text{NaHPO})_n$.	1,0 б.
Предположим, что в состав соли A входит два атома натрия, тогда: $M(\mathbf{A}) = 23 \cdot 2 / 0,3239 = 142 \text{ г/моль}$. Молярная масса кислотного остатка будет равна $142 - 2 \cdot 23 = 96 \text{ г/моль}$, что соответствует остаткам SO_4^{2-} и HPO_4^{2-} . Тогда формула соли Na_2SO_4 или Na_2HPO_4 .	1,0 б.
Аналогичный расчёт для соли B даёт формулы Na_2SO_3 и Na_2HPO_3 , для соли C – NaHSO_2 и NaH_2PO_2 . Самый очевидный критерий, по которому сера точно не подходит под условие задачи – отличие качественного состава соли C (наличие водорода) от состава солей A и B .	2,0 б.
A – Na_2HPO_4 – гидрофосфат натрия, B – Na_2HPO_3 – фосфит натрия, C – NaH_2PO_2 – гипофосфит натрия, D – PH_3 – фосфин	3,0 б.
Солям Na_2HPO_3 (B) и NaH_2PO_2 (C) соответствуют фосфористая кислота H_3PO_3 (BH) и гипофосфорная кислота H_3PO_2 (CH).	2,0 б.
Структурные формулы: 	2,0 б.
Уравнения реакций: 1. $2\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 3\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow + \text{NaH}_2\text{PO}_4 + 3\text{NaNO}_3$ 2. $\text{Na}_2\text{HPO}_3 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_2\text{HPO}_3\downarrow + 2\text{NaNO}_3$ 3. $\text{Ag}_2\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Ag}\downarrow + \text{H}_3\text{PO}_4$ 4. $\text{NaH}_2\text{PO}_2 + 4\text{AgNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Ag}\downarrow + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaNO}_3 + 3\text{HNO}_3$ 5. $4\text{H}_3\text{PO}_3 = 3\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{PH}_3\uparrow$ 6. $2\text{H}_3\text{PO}_2 = \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{PH}_3\uparrow$ или $3\text{H}_3\text{PO}_2 = 2\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{PH}_3\uparrow$	1,5 x 6 = 9 б.
-За правильное решение задачи любым другим способом будет выставлен максимальный балл. -В случае если приведенный ответ не подтвержден математическими расчетами, пункты не присваиваются	
Задача 3 В фарфоровом тигле сплавляют 50 г нитрата натрия и 60 г свинца. После охлаждения смесь обрабатывают минимальным количеством горячей воды. Через полученный горячий раствор, который содержит примеси полученные в результате синтеза, пропускают избыток углекислого газа. После охлаждения раствор фильтруют от выпавшего осадка. Полученный фильтрат упаривают досуха на водяной бане. Сухой остаток кипятят с 200 – 250 мл этилового спирта. Спиртовой раствор фильтруют и из фильтрата отгоняют спирт. Полученный продукт остается в виде белого порошка. Масса полученного вещества составляет 30 г. <i>Навеска полученного вещества массой 1,00 г была растворена в воде, а объем раствора был доведен до 100 мл. Аликвотная часть, 10 мл раствора, была добавлена к</i>	24 баллов

<p>избытку подкисленного раствора KI. Для обесцвечивания полученного раствора потребовалось 14,5 мл 0,1 моль/л раствора тиосульфата натрия.</p> <p>Аликвотная часть, 10 мл раствора, подкисленная серной кислотой, была оттитрована 0,1 моль/л раствором перманганата калия. Устойчивая розовая окраска появилась после добавления 5,8 мл раствора KMnO₄.</p> <p>Требуется:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. определить состав полученного вещества; 2. написать уравнения реакции синтеза, очистки и анализа вещества; 3. определить какое вещество остается в тигле после растворения смеси; 4. установить какие примеси могут содержаться в растворе после растворения плава; 5. привести какие вещества могут выпасть в осадок при пропускании углекислого газа через раствор; 6. определить какие примеси могут содержаться в фильтрате; 7. рассчитать выход (%) целевого продукта. 		
1.	<p>Данное вещество в химических реакциях может выступать как окислитель (в реакции с KI) и как восстановитель (в реакции с KMnO₄). Оценим соотношение чисел электронов для этих процессов.</p> <p>В реакции с KMnO₄ $n = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 5 = 2,9 \cdot 10^{-3}$ моль</p> <p>В реакции с KI $n = 14,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 1 = 1,45 \cdot 10^{-3}$ моль</p> <p>$2,9 \cdot 10^{-3} / 1,45 \cdot 10^{-3} = 2$ (т.е. это может быть двухэлектронный восстановитель и одноэлектронный окислитель, или, соответственно, 4 : 2, или 6 : 3...). Такому соотношению может отвечать азот(III), следовательно, образуется соединение NaNO₂.</p>	3,0 б.
2.	<p>$\text{NaNO}_3 + \text{Pb} = \text{NaNO}_2 + \text{PbO}$</p> <p>$n(\text{NaNO}_3) = 0,588$ моль</p> <p>$n(\text{Pb}) = 0,29$ моль, нитрата натрия вдвое больше, чем свинца.</p>	1,0 б.
	<p>Значит параллельно протекает реакция разложения нитрата:</p> <p>$2\text{NaNO}_3 = 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2$</p> <p>(оксид свинца может выступать и как катализатор процесса разложения нитрата).</p>	1,5 б.
	<p>Осадком, образующимся при пропускании в раствор углекислого газа (нейтрализация раствора) может быть основной карбонат свинца. Значит, разложение происходит с образованием оксида (пероксида) натрия.</p>	1,0 б.
	<p>$2\text{NaNO}_3 = \text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{NO}_2$</p> <p>$2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{PbO} = 2\text{Na}_2\text{PbO}_2 + \text{O}_2$</p> <p>$\text{Na}_2\text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$</p> <p>$2\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4] + 3\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + [\text{Pb}(\text{OH})_2\text{CO}_3] \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$</p> <p>или $\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4] + 2\text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{PbCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$</p>	1,5 x 4 = 6 б.
	<p>Реакции анализа вещества:</p> <p>$2\text{NaNO}_2 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + 2\text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>$\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$</p> <p>$5\text{NaNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{NaNO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$</p>	1,5 x 3 = 4,5 б.
3.	PbO	1,0 б.
4.	Na ₂ [Pb(OH) ₄], NaOH, NaNO ₃	1,0 б.
5.	[Pb(OH) ₂ CO ₃], Pb PbCO ₃	1,0 б.
6.	Na ₂ CO ₃ , NaNO ₃	1,0 б.
7.	<p>Полному превращению соответствует образование $0,588 \text{ моль} \cdot 69 \text{ г/моль} = 40,6 \text{ г}$ нитрита натрия. Выход: 74%.</p>	2,0 б.
<p>- За правильное решение задачи 3 любым другим способом будет выставлен максимальный балл.</p> <p>- В случае если приведенный ответ не подтвержден математическими расчетами, пункты не присваиваются</p>		