**Задание 1.** (авторы А.С. Чубаров, В.А. Емельянов).

1. Из описания свойств и применений простого вещества P_1 , а также окрасок соединений, образованных элементом X_1 , следует, что элемент X_1 – железо.

Вычислим массу железа, содержащуюся в земной коре: $m(\text{Fe}) = m(\text{земной коры}) \cdot \omega(\text{Fe}) = m(\text{Земли}) \cdot \omega(\text{земной коры}) \cdot \omega(\text{Fe}) = 5,9742 \cdot 10^{24} \cdot 0,00473 \cdot 0,0465 = 0,001314 \cdot 10^{24} = 1,314 \cdot 10^{21}$ кг.

Тогда количество атомов железа, содержащееся в земной коре, составит:

$$N(\text{Fe}) = N_A \cdot \nu(\text{Fe}) = N_A \cdot m(\text{Fe}) / M(\text{Fe}) = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,314 \cdot 10^{21} \cdot 10^3 / 56 = 1,41 \cdot 10^{46}$$
 атомов.

2. В состав соединения A_1 входят X_2 , S и O. Обозначим массовую долю серы за x , тогда $\omega(X_2) = \omega(O) = 2 \cdot x$. $2 \cdot x + 2 \cdot x + x = 1 \Rightarrow x = 0,2$ – массовая доля серы.

Пусть в составе A_1 находится 1 атом X_2 , тогда молярная масса $A_1 = 32 / 0,2 = 160$ г/моль. Относительная атомная масса X_2 $A_r(X_2) = 160 - 64 - 32 = 64$ а.е.м. $\Rightarrow X_2$ – Cu (медь), A_1 – CuSO_4 .

Класс соединений, содержащих в своем составе воду (т.н. «кристаллизационную» воду), называется «кристаллогидраты». Название соединения $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ по традиционной номенклатуре – пентагидрат сульфата меди, тривиальное название – медный купорос.

3. Массовая доля X_3 в оксиде E_2 составляет 63%. В состав всех оксидов входит кислород, массовая доля которого будет равна $100 - 63 = 37$ %. Пусть формула оксида M_2O_n , где n – степень окисления X_3 в оксиде. Тогда $16n / (2A_r(X_3) + 16n) = 0,37$. Отсюда $2A_r(X_3) = 16n / 0,37 - 16n = 27,24n$. $A_r(X_3) = 13,62n$. Вычислим атомную массу элемента X_3 для всех возможных n от 1 до 8.

Формула оксида	M_2O	MO (“ M_2O_2 ”)	M_2O_3	MO_2	M_2O_5	MO_3	M_2O_7	MO_4
$M(X_3)$, а.е.м.	13,6. Такого элемента нет.	27,2. Близко к Al, однако Al не образует оксида состава MO.	40,9. Такого элемента нет.	54,5. Близко к Mn, такой оксид есть. Отличие за счет округления массовой доли.	68,1. Такого элемента нет.	81,7. Такого элемента нет.	95,4. Близко к Mo, но у него такого оксида быть не может.	109. Такого элемента нет.

Таким образом, оксид E_2 – MnO_2 , элемент X_3 – марганец.

Соединения C_1 и C_2 образуются в реакции с серной кислотой, поэтому логично предположить, что одна и та же кислота, солями которой они являются, это кислота серная. Двухосновная серная кислота образует два класса солей – средние и кислые. По условию, степень окисления марганца в этих солях одинаковая, значит, у нас есть два варианта состава этих солей. Первый вариант $\text{Mn}(\text{HSO}_4)_n$ и $\text{Mn}(\text{SO}_4)_{n/2}$, где n – четная степень окисления марганца. Второй вариант $\text{Mn}(\text{HSO}_4)_m$ и $\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_m$, где m – нечетная степень окисления марганца. Посчитаем возможные n и m .

$$(55 + 97n) / (55 + 48n) = 1,64, 55 + 97n = 90,2 + 78,72n, 18,28n = 35,2, n = 1,93 \approx 2. C_1 - \text{MnSO}_4. C_2 - \text{Mn}(\text{HSO}_4)_2.$$

$(110 + 96m) / (55 + 97m) = 1,64, 110 + 96m = 90,2 + 159,08m, 63,08m = 19,8, m = 0,31$. Удовлетворяющих условию соединений не существует.

Таким образом, соединение C_2 – $\text{Mn}(\text{HSO}_4)_2$. Оно относится к классу кислых солей. Для его получения по реакции обмена необходим избыток серной кислоты.

4. Формулы и названия веществ:

R_2	Mn	марганец	R_1	Cu	медь
E_2	MnO_2	оксид марганца(IV)	N_1	CuCl_2	хлорид меди(II)
A_2	KMnO_4	перманганат калия	E_1	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	гидроксид меди(II)
L	MnI_2	иодид марганца(II)	W	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$	гидроксид тетраамминмеди(II)
S	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	гидроксид марганца(II)	Y_1	CuO	оксид меди(II)

C ₁	MnSO ₄	сульфат марганца(II)	A ₁	CuSO ₄	сульфат меди(II)
I	Mn(NO ₃) ₂	нитрат марганца(II)	H	FeS ₂	дисульфид железа(II)
N ₂	MnCl ₂	хлорид марганца(II)	A	Fe ₂ O ₃	оксид железа(III)
C ₂	Mn(HSO ₄) ₂	гидросульфат марганца(II)	P ₁	Fe	железо
			P ₂	FeCl ₃	хлорид железа(III)
U	MnO	оксид марганца(II)	Y	Fe(OH) ₃	гидроксид железа(III)

5. Уравнения реакций: [1] $\text{MnO}_2 + 2\text{C}_{\text{изб.}} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Mn} + 2\text{CO}$;
- [2] $2\text{KMnO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH}$; [3] $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HI} = 2\text{KI} + 2\text{MnI}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{I}_2$;
- [4] $\text{MnI}_2 + 2\text{KOH} = \text{Mn(OH)}_2 + 2\text{KI}$; [5] $\text{Mn(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- [6] $\text{MnSO}_4 + \text{Ba(NO}_3)_2 = \text{Mn(NO}_3)_2 + \text{BaSO}_4$; [7] $\text{Mn(NO}_3)_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{MnO}_2 + 2\text{NO}_2$;
- [8] $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}_{(\text{конц})} = \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$; [9] $\text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4_{(\text{конц})} = \text{Mn(HSO}_4)_2 + 2\text{HCl}_{(\text{r})}$;
- [10] $\text{Mn(HSO}_4)_2 + 6\text{NaOH} + \text{Br}_2 = \text{MnO}_2 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaBr} + 4\text{H}_2\text{O}$; [11] $\text{Mn(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
- [12] $\text{Mn(OH)}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{MnO} + \text{H}_2\text{O}$; [13] $\text{Cu(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$; [14] $\text{Cu(OH)}_2 + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu(NH}_3)_4](\text{OH})_2$;
- [15] $\text{Cu(OH)}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$; [16] $\text{CuSO}_4 + 2\text{KOH} = \text{Cu(OH)}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$; [17] $\text{CuSO}_4 + \text{Zn} = \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$;
- [18] $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 8\text{SO}_2 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$; [19] $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C}_{\text{изб.}} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{Fe} + 3\text{CO}$;
- [20] $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{FeCl}_3$; [21] $\text{FeCl}_3 + 3\text{KOH} = \text{Fe(OH)}_3 + 3\text{KCl}$.

6. Happy New Year! NSU Real Science. Поздравляем с Новым годом (Счастливого нового года)! НГУ – настоящая наука.

Система оценивания:

1. Элемент X ₁ 2 б., количество атомов X в земной коре 3 б.	2+3 = 5 б.
2. Элемент X ₂ 2 б., расчет состава A ₁ 2 б. (здесь оценивается только расчет, правильная запись формулы и название оцениваются в п. 4). Класс соединения A ₁ и два названия по 1 б.	2+2+1+1*2= 7 б.
3. Элемент X ₃ 2 б., расчет состава E ₂ 2 б. (здесь оценивается только расчет, правильная запись формулы и название оцениваются в п. 4). Класс соединения C ₂ и избыток серной кислоты по 1 б.	2+2+1+1= 6 б.
4. Соответствие формулы вещества букве и названия формуле по 0,5 б.	(0,5 + 0,5)*21 = 21 б.
5. Уравнения реакций [1-21] по 1 б.	1*21 = 21 б.
6. Верно записаны все 6 слов на английском языке 1 б. (1-3 ошибки 0,5 б., более 3 ошибок 0 б.), за верный перевод каждого слова по 0,5 б.	1+0,5*6 = 4 б.
Всего:	64 балла.

Задание 2. (авторы А.С. Романов, Н.В. Рубан).

1. Если вещество A₁ состоит из атомов двух элементов, находящихся в одном периоде ПС, а его структурная единица содержит всего 28 протонов, то эти элементы могут располагаться только во 2 или 3 периодах ПС. Металлов в первом периоде нет, а любая комбинация атомов элементов 4-го периода содержит не менее 19+20 = 39 протонов. Во 2-м и 3-м периодах всего 5 металлов, причем литий и бериллий никак не подходят на роль элементов, соединения которых можно «встретить на столе в каждом доме». Есть три комбинации элементов 3-го периода, удовлетворяющие условию «28 протонов»: NaCl, MgS и AlP. Именно NaCl и является тем веществом A₁, которое можно встретить на столе в каждом доме.

Когда-то, когда стоимость соли была очень высока, таких примет существовало довольно много. В настоящее время наиболее известными являются две из них. Первая: просыпать соль – к беде или крупной ссоре. Вторая: если человек пересолит еду, то он влюбился.

2. Безвредный газ, выделяющийся в процессе выпечки, это углекислый газ, образующийся при небольшом нагревании гидрокарбонатов. По условию, вещество A₂ является солью того же металла, что и A₁, т.е. это гидрокарбонат натрия NaHCO₃, который содержит 11+7+3*8 = 24 протона, как и требуется по условию.

3. Уравнение реакции: $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ [1]. Высокие концентрации образовавшегося карбоната натрия придают выпечке особый, т.н. «содовый» привкус. Этот горьковатый, мылкий привкус выпечке придает щелочь, образующаяся при гидролизе карбоната натрия: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 + \text{NaOH}$.

4. Если соль A_3 имеет традиционный состав $NaYO_n$, то молярная масса вещества A_3 равна $23/0,33 = 69$ г/моль. Тогда на кислотный остаток остается $69-23 = 46$ г/моль, что в точности соответствует одному атому азота и двум атомам кислорода. Таким образом, A_3 – это $NaNO_2$ (нитрит натрия).

5. Основные функции нитрита натрия как пищевой добавки – антиокислитель, антибактериальный агент или консервант (препятствует росту возбудителя ботулизма), а также улучшитель окраски (вступая во взаимодействие с мясным белком, придает мясным продуктам привлекательный розовый цвет).

6. Максимальная масса нитрита натрия, которая не нанесет вред организму Саши, составляет $90 \cdot 7 = 630$ мг. Столько вещества A_3 содержится в $630/8 = 78,75$ кг любимой Сашей колбасы. Именно такова будет масса этой колбасы, которую может съесть Саша ($m_{\text{Саша}} = 90$ кг), не боясь отравиться веществом A_3 .

7. Есть два газообразных оксида, дающих осадки с раствором гидроксида бария. Это сернистый и углекислый газы. В сочетании с описанием сфер использования несложно догадаться, что $B_1 = C$, углерод. При его полном сгорании образуется углекислый газ $C + O_2 = CO_2$ [2], который затем поглощается гидроксидом бария $Ba(OH)_2 + CO_2 = BaCO_3 + H_2O$ [3]. Тогда $M(C) = 1,000 / (16,4307 / (137,34 + M(C) + 15,9994 \cdot 3))$.

Отсюда $M(C) = 12,011$ г/моль. Уточненные молярные массы бария и кислорода можно взять из ПСХЭ.

8. Препарат на основе углерода, использующийся для дезинтоксикации ЖКТ и имеющий такую большую удельную площадь поверхности, называется «активированный уголь».

9. Представим формулу оксида B_2 как $Э_2O_n$, где n – степень окисления (с.о.) элемента Э.

Тогда $16n / (2M(Э) + 16n) = 0,4$, откуда $M(Э) = 12n$. Более-менее подходящими под нужную атомную массу являются оксиды MgO (он слишком активен, поэтому сложно предположить, что он встречается в природе, и что его можно есть без вреда для здоровья), TiO_2 , GeO_3 (не бывает, т.к. максимальная с.о. $Ge = 4$), Kr_2O_7 (даже если бы такое соединение существовало, оно никак не подходит под описание вещества B_2), MoO_4 (не бывает, т.к. максимальная с.о. $Mo = 6$). Таким образом, вещество B_2 – оксид титана TiO_2 , который встречается в природе в виде нескольких минералов, один из которых называется «рутил».

10. Для классификации пищевых добавок была разработана специальная система нумерации. Каждая добавка имеет свой уникальный номер, начинающийся с буквы Е. Первая цифра номера указывает на общее назначение добавки: на цифру 1 начинаются **красители**, на 2 – **консерванты**, на 3: 300-322 **антиоксиданты**, 333-399 **антиоксиданты и стабилизаторы**, на 4 – **эмульгаторы и стабилизаторы**, на 5 – **регуляторы кислотности и вещества против слеживания и комкования**, на 6 – **усилители вкуса и запаха**, на 7 и 8 не используются (кроме антибиотиков 710-713), на 9 начинаются **глазирователи, размягчители и прочие улучшители выпечки и других продуктов**. Некоторые широко используемые вещества не имеют кода и указываются в составе продукта по названию (напр. ванилин).

Итак, в качестве примеров типов добавок можно привести любые 5 из указанных классов добавок. Заметим, что по разным стандартам указанные маркировки (напр. регулятор кислотности ортофосфорная кислота относится к группе антиоксидантов и кодируется как Е338) могут несколько отличаться.

11. В соответствии с физико-химическими свойствами вещество A_1 ($NaCl$) можно отнести к консервантам либо усилителям вкуса, вещество A_2 ($NaHCO_3$) – к улучшителям выпечки, вещество A_3 ($NaNO_2$) – к консервантам, антиоксидантам либо улучшителям продуктов, вещества B_1 (C) и B_2 (TiO_2) – к красителям.

Система оценивания:

1. Формула A_1 2 б., примета 1 б.	2+1 = 3 б.
2. Формула A_2 2 б.	2 б.
3. Уравнение реакции [1] 1 б., «содовый» привкус 1 б.	1+1 = 2 б.
4. Формула A_3 с расчетом 2 б., без расчета 1 б.	2 б.
5. Две функции добавки A_3 по 1 б.	1*2 = 2 б.
6. Расчет массы колбасы 2 б.	2 б.
7. Формула B_1 2 б., расчет молярной массы с нужной точностью 2 б., уравнения реакций [2, 3] по 1 б.	2+2+1*2 = 6 б.
8. Активированный уголь 1 б.	1 б.
9. Формула B_2 2 б.	2 б.
10. 5 классов пищевых добавок по 1 б.	1*5 = 5 б.
11. Верное отнесение вещества к одному из классов по 1 б.	1*5 = 5 б.
Всего:	32 балла.

Задание 3. (автор А.С. Романов).

1. Зная, что $Э_2$ представляет собой двухатомный газ, содержащийся в воздухе можно понять, что $Э = N$. В воздухе есть ещё один двухатомный газ – O_2 , но кислород не является дефицитным для растений элементом. По урав-

нению реакции мы получаем, что реагенты содержат 32 атома водорода, а продукты только 26. Значит, остальные 6 атомов водорода приходится на две частицы **A**, к тому же понятно, что на 2 частицы **A** приходится одна молекула N_2 . Исходя из этого, получаем $A = NH_3$.

2. В аммиаке азот находится в с.о. -3, значит в **B** азот находится в с.о. -1. Вспоминая соединения азота в с.о. -1 приходим к $B = NH_2OH$. Далее гидроксилламин теряет 4 электрона, а значит в ионе **C** азот находится в с.о. +3, что хорошо сходится с $C = NO_2^+$. Нитрит-ион, теряя два электрона, окисляется до нитрат-иона, следовательно, $D = NO_3^+$. Так как **E** и **F** являются бинарными веществами, то вероятнее всего они представляют собой оксиды азота. Принимая 1 электрон, нитрит-ион восстанавливается до $E = NO$. Дальше азот из NO принимает еще 1 электрон, его степень окисления становится равной +1. В таком случае $F = N_2O$ ($NO + e^- + 2H^+ = 1/2N_2O + H_2O$). N_2O содержит два атома азота, следовательно, при приеме этой частицей двух электронов, степень окисления азота изменится с +1 до 0 и $\Theta_2 = N_2$.

3. Рассчитаем молярную массу **X**: $\omega(N) = 14n/M(X)$, где n – количество молей атомов азота в одном моле **X**. $M(X) = 14n/0,35 = 40n$. При $n = 1$ молярная масса остатка равна $40 - 14 = 26$ г/моль, что меньше, чем 2 атома кислорода. Следовательно, азот не может находиться в веществе только в форме нитрат- или нитрит-иона (слишком низкая молярная масса **X**). Если он находится в форме иона аммония, то остаток в $26 - 4 = 22$ г/моль не соответствует ни одному из известных кислотных остатков. При $n = 2$ атомы азота могут находиться в виде двух катионов аммония, двух нитрат- или нитрит-ионов, а также входить в состав и катиона, и аниона. То есть **X** может быть нитратом или нитритом аммония. Так как $M(X) = 40n = 80$ г/моль, то $X = NH_4NO_3$. Действительно, нитрат аммония или аммиачная селитра является основным азотным удобрением. Состав продуктов термического разложения нитрата аммония зависит от температуры:

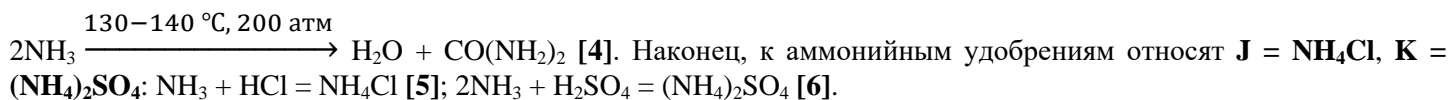


Основным промышленным способом получения является реакция взаимодействия газообразного аммиака или его раствора с азотной кислотой: $NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$. Ранее применявшиеся в промышленности способы были основаны на обменных реакциях между сульфатом аммония и нитратом натрия или нитратом бария, но эти способы были вытеснены более дешевым и менее громоздким способом получения, указанным выше.

Отдельно можно выделить так называемый нитрофосфатный метод (способ Одда, названный в честь норвежского города). Он интересен тем, что одновременно с получением аммиачной селитры позволяет получать фосфорную кислоту из фосфата кальция. Сущность метода состоит во взаимодействии азотной кислоты с апатитом, в ходе которого образуется норвежская селитра (нитрат кальция): $Ca_3(PO_4)_2 + 6HNO_3 = 2H_3PO_4 + 3Ca(NO_3)_2$. Основная часть нитрата кальция при охлаждении выпадает в осадок в виде тетрагидрата, его отделяют от фосфорной кислоты и вводят в реакцию с аммиаком: $Ca(NO_3)_2 + 2NH_3 + 2H_2O = Ca(OH)_2 \downarrow + 2NH_4NO_3$. Очищать селитру от кислот нет никакой необходимости, т.к. остатки фосфорной кислоты в ходе этой реакции дадут малорастворимые фосфат или гидрофосфат кальция: $3Ca(NO_3)_2 + 6NH_3 + 2H_3PO_4 = Ca_3(PO_4)_2 \downarrow + 6NH_4NO_3$.

Большая часть нитрата аммония используется как азотное удобрение, однако нитрат аммония все еще широко применяется в горном деле в качестве компонента взрывчатых веществ.

4. В условии задачи речь идет о нитратных, амидных и аммонийных азотных удобрениях. К нитратным удобрениям относятся чилийская ($NaNO_3$), норвежская ($Ca(NO_3)_2$) и индийская (KNO_3) селитры. Стоит отметить, что индийская селитра относится к сложным комплексным удобрениям (содержит калий). К амидным удобрениям относят $G = CaCN_2$ и $H = CO(NH_2)_2$. Цианамид кальция получают прокаливанием его карбида в атмосфере азота:



5. Поскольку в одну из групп удобрений входит фосфоритная мука, а большинство остальных удобрений получают из фосфатных минералов (апатитов), несложно догадаться, что речь идет о фосфоре: $Ю = P$. Для начала следует рассчитать формулы гидроксиапатита, фторапатита и **L**. В расчете на 1 атом фосфора $M(L) = M(P_2O_5)/2 \cdot 0,7245 = 98$ г/моль, что соответствует $L = H_3PO_4$. $M(\text{гидроксиапатит}) = 142n/2 \cdot 0,4243 = 167,33n$ г/моль в расчете на n атомов фосфора. Если гидроксиапатит содержит 3 атома фосфора, то его молярная масса целая и равна 502 г/моль, что соответствует формуле $Ca_5(PO_4)_3OH$. $M(\text{фторапатит}) = 142n/2 \cdot 0,4226 = 168n$. Заметим, что при $n = 3$ $M(\text{фторапатит}) = 504$ г/моль. Значит фторапатит на 2 г/моль тяжелее чем гидроксиапатит, что соответствует замене гидроксид-иона на фторид-ион. Тогда фторапатит = $Ca_5(PO_4)_3F$. Теперь займемся удобрениями **M**, **N**, **O**, **P**. Проще всего начать с **O**, **P**.

Удобрение **O**, называемое **преципитатом**, судя по всему, является индивидуальным веществом, так как получается в реакциях H_3PO_4 с $Ca(OH)_2$ и $CaCO_3$. Это предположение можно проверить: $M(O) = 142n/2 \cdot 0,41 = 173n$. Если $n = 1$, то под молярную массу 173 г/моль неплохо подходит формула $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$. Тогда **O** = **100% CaHPO₄·2H₂O** (реально 85-100% за счет примесей, например, гипса в исходном меле).



Рассчитаем молярную массу **P**: в расчете на x атомов фосфора $M(\text{P}) = 142x/2 \cdot 0,458 = 155x$ г/моль. Так как **P** получают спеканием CaO и P_2O_5 , то его формулу можно представить, как $\text{CaO}^*(x/2)\text{P}_2\text{O}_5$, где x – число атомов фосфора на 1 атом кальция. Тогда $M(\text{P}) = 56 + 71x = 155x \Rightarrow x = 2/3$. В итоге получаем **P** = **100% $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$** . $3\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ [11]. Удобрение **P** называется **обесфторенным фосфатом**, так как в промышленности его получают обесфториванием фторапатита.

Теперь примемся за удобрения **M** и **N**. Сначала следует определиться с **N**. Так как его получают взаимодействием $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ с H_3PO_4 , то **N** также является индивидуальным веществом. $M(\text{N}) = 142n/2 \cdot 0,5 = 127n$, где n – число атомов фосфора в **N**. Предположим, что **N** является дигидрофосфатом кальция, так как гидрофосфат кальция уже содержится в **O**. Тогда $n = 2$ и $M(\text{N}) = 254$ г/моль, что хорошо соответствует формуле $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Тогда **N** = **100% $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$** (реально 75 – 90 % этого вещества за счет примесей свободной фосфорной кислоты и воды). $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} + 7\text{H}_3\text{PO}_4 = 5\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{HF}$ [8]. **N** называется **двойным суперфосфатом**.

Теперь можно легко разобраться с **M**. $\omega(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 60\%$, $\omega(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 40\%$. **M** = **60% $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ + 40% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$** . **M** называется **простым суперфосфатом**. Реальное содержание фосфора в **M** на самом деле тоже ниже (19-20 % по P_2O_5) за счет различных примесей. $2\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 7\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ [7].

Суммарно все данные удобрения состоят из четырех веществ: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

6. Ясно, что **Я** = **К**, так как сильвинит состоит из хлорида калия и натрия. Тогда **Q** = **KCl**. Исходное сырье содержит $\omega(\text{KCl}) = 15,77 \cdot 74,5 \cdot 2/94 = 25\%$. Тогда $\omega(\text{NaCl}) = 100 - 25 = 75\%$. Для приготовления эвтонического (насыщенного по KCl и NaCl) раствора при 100°C потребуется как минимум $1000 \cdot 0,216 = 216$ кг хлорида калия или $216/0,25 = 864$ кг сильвинита. Хлорида натрия требуется $1000 \cdot 0,169 = 169$ кг, а в 864 кг сильвинита его содержится $0,75 \cdot 864 = 648$ кг, т.е. еще $648 - 169 = 479$ кг останется. При охлаждении раствора щелока до 25°C растворимость хлорида калия падает до 11,2 %. Обозначим массу выделившегося хлорида калия за x и решим уравнение: $0,142 = (216 - x)/(1000 - x)$, откуда $x = 86,25$ кг хлорида калия. Ясно, что для восстановления исходного раствора необходимо растворить в маточном растворе такое же количество хлорида калия из сильвинита при 100°C . Тогда масса сильвинита, необходимая для восстановления исходного раствора, равна $86,25/0,25 = 345$ кг.

7. Так как **T** получается пропуском аммиака (**A**) через избыток фосфорной кислоты (**L**), причем оно содержит всего одно вещество, то этим веществом может быть только дигидрофосфат аммония. Тогда **T** = **$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$** . Поскольку суммарно все удобрения содержат только 4 вещества (NH_4NO_3 (**X**), $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (**H**), $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (**O**) и **Z**), именно дигидрофосфат аммония и есть кислая соль **Z** = **$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$** . Тогда **W** = **$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$** , а **V** = **$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$** . Осталось определиться с **U**, причем одно из веществ, входящих в состав этого удобрения, это $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (**O**) (т.к. оно больше никуда не вошло). Давайте вспомним тривиальные названия удобрений: **T** – **аммофос**, **W** – **карбоаммофос**, **V** – **нитроаммофос**. Среди перечисленных «фосов»-«фоссов» не хватает только нитрофоса, в состав которого должен входить нитратный азот. Тогда **U** = **$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$** – **нитрофос**.

Если в состав комплексного удобрения добавляют калий (в нашем случае в виде добавки **Q** = KCl), то новое название такого удобрения получается добавлением окончания «ка» к исходному названию. Получаются следующие названия: аммофоска, карбоаммофоска, нитроаммофоска и нитрофоска.

Система оценивания:

1. Формула вещества A и символ элемента Э по 1 б.	$1+1 = 2$ б.
2. Формулы частиц B-F , \mathcal{E}_2 по 1 б.	$1 \cdot 6 = 6$ б.
3. Формула вещества X – 1 б., уравнения реакций [1], [2] по 1 б., способ получения 1 б., область применения 0,5 б.	$1+1 \cdot 2+1+0,5 = 4,5$ б.
4. Формулы основных компонентов селитр по 0,5 б., веществ G, H, J, K по 1 б., уравнения реакций [4]-[6] по 1 б.	$0,5 \cdot 3+1 \cdot 4+1 \cdot 3 = 8,5$ б.
5. Символ Ю и формула L по 1 б. За каждое из 4 веществ в составе удобрений по 3 б. Уравнения реакций [7]-[11] по 1 б., названия удобрений по 0,5 б.	$1 \cdot 2+3 \cdot 4+1 \cdot 5+0,5 \cdot 4 = 21$ б.
6. Символ Я и формула Q по 1 б., состав сырья 2 б. Масса сильвинита для эвтонического раствора, масса выделившегося Q и масса сильвинита для восстановления раствора по 2 б.	$1 \cdot 2+2+2 \cdot 3 = 10$ б.
7. Качественный состав T, U, V, W и формула соли Z по 1 б. Тривиальные названия по 0,5 б. Окончания «ка» 1 б.	$1 \cdot 5+0,5 \cdot 4+1 = 8$ б.
Всего:	60 баллов.