

**Задание 1.** (авторы Емельянов В.А., Конев В.Н.).

1. Из условия задачи, эпиграфа и рисунка понятно, что речь идет о самой обычной соли, формула которой NaCl, а названия – поваренная (пищевая) соль и хлорид натрия. Из этой соли в нашем организме вырабатывается HCl – соляная кислота, которая по химической номенклатуре называется «хлороводородная». Минерал, второе название которого «каменная соль», называется галит.

2. Европейец вдвоем с другом съедает $16,4 \cdot 1000 = 16400$ г соли за $2 \cdot 365 = 730$ дней. То есть, каждый из них в день съедает $16400 \cdot 0,5 / 730 = 11,2$ г соли, что в $11,2 / 2 = 5,6$ раза больше нормы. Массовая доля элемента натрия в составе NaCl $23 / (23 + 35,5) = 0,393$, элемента хлора $1 - 0,393 = 0,607$. Таким образом, средний европейец в составе соли ежедневно употребляет $0,393 \cdot 11,2 = 4,4$ г элемента натрия и $0,607 \cdot 11,2 = 6,8$ г элемента хлора.

3. В 250 г изотонического раствора содержится $m = \omega \cdot M = (0,9 / 100) \cdot 250 = 2,25$ г соли. Для приготовления раствора по способу а) надо взять 2,25 г соли и $250 - 2,25 = 247,75$ г воды. Для приготовления раствора по способу б) посчитаем, какая масса 4,5 % раствора содержит нужные нам 2,25 г соли: $M = m / \omega = 2,25 / 0,045 = 50$ г. То есть, надо взять 50 г 4,5 % раствора соли $250 - 50 = 200$ г воды. Для приготовления раствора по способу в) придется решать уравнение. Если мы обозначим за x массу 1,5 % раствора, тогда масса 0,5 % раствора составит $250 - x$. Общая масса соли в конечном растворе составляет 2,25 г и складывается из масс соли в каждом из растворов. Решая уравнение $0,015x + 0,005(250 - x) = 2,25$, получим $x = 100$. Таким образом, надо взять 100 г 1,5 % раствора соли и 150 г 0,5 % раствора.

4. Два вещества, которые получают из соли, прямо следуют из ее состава. Это натрий (Na) и хлор (Cl₂). На поверхности лежат еще два ответа: натриевая щелочь или гидроксид натрия (NaOH) и соляная кислота или хлороводород (HCl). Помимо этого, из соли напрямую получают соду (NaHCO₃) и сульфат натрия (Na₂SO₄).

Уравнения реакций: $2\text{NaCl}_{(\text{расплав})} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2 \uparrow$ или $2\text{NaCl}_{(\text{нас. р-р})} \xrightarrow{\text{электролиз с Hg катодом}} 2\text{Na(Hg)} + \text{Cl}_2 \uparrow$; $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{HCl} \uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$;
 $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{H}_2 \uparrow + \text{NaOH} + \text{Cl}_2 \uparrow$ и затем $\text{H}_2 + \text{NaOH} + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$;
 $\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaHCO}_3 \downarrow$.

Система оценивания:

- | | |
|--|--|
| 1. Оба названия соли и кислоты по 0,5 б, название минерала 0,5 б | $0,5 \cdot 5 = 2,5$ б; |
| 2. Расчет превышения нормы 2 б, массы элементов по 1 б | $2 \cdot 2 + 1 \cdot 6 = 4$ б; |
| 3. Расчет а) 1 б, б) 2 б, в) 3 б | $1 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 3 \cdot 3 = 6$ б; |
| 4. Пять названий веществ по 0,5 б, пять уравнений реакций по 1 б | $(0,5 \cdot 5 + 1 \cdot 5) = 7,5$ б; |
| Всего | 20 баллов |

Задание 2. (авторы Чубаров А.С., Емельянов В.А.).

1. Уравнения ядерных реакций: $^{10}_{5}\text{B} + ^1_0\text{n} = ^{11}_{5}\text{B}$ [1] и $^{11}_{5}\text{B} = ^7_3\text{Li} + ^4_2\alpha$ (или ^4_2He)[2].

2. Для однократной терапии пациента массой 80 кг потребуется приблизительно $80 \cdot 10^3 \cdot 44 \cdot 10^{-6} / 4 = 880 \cdot 10^{-3}$ г = 880 мг бора-10. В препарате ортокарборане состава C₂¹⁰B₁₀H₁₂ массовая доля бора-10 составляет $10 \cdot 10 / (2 \cdot 12 + 10 \cdot 10 + 1 \cdot 12) = 0,735$. Следовательно, больному перед облучением следует ввести $880 / 0,735 = 1197$ мг или приблизительно 1,2 г ортокарборана. При этом в опухоль массой 2 г попадет $44 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 88 \cdot 10^{-6}$ г бора-10, которые будут содержать $88 \cdot 10^{-6} / 10 = 8,8 \cdot 10^{-6}$ молей бора или

$6,02 \cdot 10^{23} \cdot 8,8 \cdot 10^{-6} = 5,3 \cdot 10^{18}$ атомов. Уравнения ядерных реакций ${}^1_1\text{H} + {}^1_0\text{n} = {}^2_1\text{H}$ (или D) [3] и ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} = {}^1_1\text{p} + {}^{14}_6\text{C}$ [4].

3. Уравнения реакций: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{p} = {}^1_0\text{n} + {}^7_4\text{Be}$ [5], $6\text{Li} + \text{N}_2 = 2\text{Li}_3\text{N}$ [6], $4\text{Li} + \text{O}_2 = 2\text{Li}_2\text{O}$ [7], $2\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{LiOH} + \text{H}_2\uparrow$ [8].

4. Уравнение ядерной реакции: ${}^7_4\text{Be} + {}^0_{-1}\text{e} = {}^7_3\text{Li}$ [9]. Снижение содержания радиоактивных ядер в 64 раза означает, что $N_0/N = 64$ или $N/N_0 = 1/64$. Из уравнения, приведенного в условии получаем, что $1/64 = (1/2)^{t/t_{1/2}}$ или $64 = 2^{t/t_{1/2}}$. Поскольку $64 = 2^6$, следовательно $t/t_{1/2} = 6$, откуда $t = 6 \cdot 54 = 324$ дня. Можно посчитать и подбором: за 1 период полураспада содержание уменьшается в 2 раза, за 2 – в 4, за 3 – в 8, за 4 – в 16, за 5 – в 32, за 6 – в 64.

5. Примем природное содержание изотопа ${}^6\text{Li}$ за x , тогда содержание изотопа ${}^7\text{Li}$ будет $(1-x)$. Составим уравнение: $x \cdot 6 + (1-x) \cdot 7 = 6,941$, решая которое, получим $x = 0,059$ или около 6 %. Так как α -частицы и ядра лития получаются только в ходе облучения природного лития, значит, они являются продуктами реакции ${}^6_3\text{Li}$ с протонами или выделяющимися в реакции [5] нейтронами. В первом случае не соблюдается баланс зарядов, а во втором – все сходится. Уравнение реакции: ${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} = {}^3_1\text{T} + {}^4_2\text{He}$ или ${}^3_1\text{H} + {}^4_2\alpha$ [10].

Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 б	$2 \cdot 16 = 2$ б;
2. Уравнения реакций по 1 б, расчеты а), б), в) по 2 б	$2 \cdot 16 + 3 \cdot 26 = 8$ б;
3. Уравнения реакций по 1 б	$4 \cdot 16 = 4$ б;
4. Уравнение реакции 1 б, расчет времени 2 б	$16 + 26 = 3$ б;
5. Расчет 2 б, уравнение реакции 1 б	$26 + 16 = 3$ б;
Всего	20 баллов

Задание 3. (авторы Юсенко К.В., Емельянов В.А.).

1. Назовем перечисленные соединения, разделив их на группы и выделив однокоренные слова:

CO_2 – диоксид углерода	C – углерод
HCl (водн. раствор) – соляная (или хлороводородная) кислота	S – сера
H_2SO_4 – серная кислота	H_2S – сероводород
O_2 – кислород	HCl (газ) – хлороводород
H_2O_2 – перекись водорода	NaCl – хлорид натрия

2. Газообразные вещества хранятся в баллонах (O_2 , HCl , H_2S , CO_2), жидкости – в бутылках (H_2O_2 , H_2SO_4 , HCl (водный раствор)), твердые вещества – в банках с широким горлом (S , NaCl , C).

3. Возможные реакции между парами веществ:

$2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$, $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ (горение в недостатке и избытке кислорода); $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$ (~1000 °C);
 $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ (горение); $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (горение); $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (н.у.);
 $\text{H}_2\text{S} + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) = 4\text{SO}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ (нагрев); $3\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) = 4\text{S}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$ (н.у.);
 $\text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) = 3\text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (нагрев); $\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) = \text{CO}_2\uparrow + 2\text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (нагрев);
 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) = \text{HCl}\uparrow + \text{NaHSO}_4$ или Na_2SO_4 (нагрев); $2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (н.у.).

4. Пары Хлорид натрия – Natrium Chlorid, диоксид углерода – Kohlendioxid и углерод – Kohlenstoff, перекись водорода - Wasserstoff Peroxyd угадываются сразу. Достаточно прозрачен и хлороводород - Chlorwasserstoff, тогда сероводород – Schwefelwasserstoff. Отсюда сера Schwefel, серная кислота – Schwefelsäure, тогда соляная кислота – Salzsäure, а кислород будет переводиться как Sauerstoff.

Natrium Chlorid – хлорид натрия	Kohlendioxid – диоксид углерода
Kohlenstoff – углерод	Chlorwasserstoff – хлороводород
Schwefelwasserstoff – сероводород	Schwefel – сера
Schwefelsäure – серная кислота	Salzsäure – соляная кислота
Wasserstoff Peroxyd – перекись водорода	Sauerstoff – кислород

5. Из названий сероводорода, хлороводорода и перекиси водорода легко вычленяется слово водород – Wasserstoff, тогда название самой воды – Wasser. Для кислот общий корень также просматривается – säure (в переводе – «кислота»), откуда угольная кислота – Kohlensäure.

Система оценивания:

1. Названия веществ на русском языке по 0,5 б	10*0,5б = 5 б;
2. Правильное соотношение вещества и сосуда по 0,5 б	10*0,5б = 5 б;
3. Уравнения реакций по 0,5 б	7*0,5б = 3,5 б;
4. Правильное соотношение формулы с немецким названием по 0,5 б	10*0,5б = 5 б;
5. Названия веществ на немецком языке по 0,5 б	3*0,5б = 1,5 б;
Всего	20 баллов

Задание 4. (автор Панов М.С.).

1. В 100 г сплава будет содержаться 26,68 г Nd, 1 г В и $100 - 26,68 - 1 = 72,32$ г Fe. Количество элементов в молях составит $26,68/144,24 = 0,185$, $1/10,811 = 0,0925$, $72,32/55,847 = 1,295$. Мольное соотношение Nd : В : Fe = 0,185 : 0,0925 : 1,295 = 2 : 1 : 14, т.е. состав сплава Nd₂VFe₁₄. При содержании неодима в сплаве 0,2668 = m/M масса этого сплава, необходимая для извлечения 1,00 кг = 1000 г неодима, составит $M = 1000/0,2668 = 3748$ г. Неодима в молях в этой массе сплава будет $1000/144,24 = 6,93$ моль, бора в 2 раза меньше, а железа в 7 раз больше (см. состав сплава). Общее количество атомов в этом сплаве будет равно $6,02 \cdot 10^{23} \cdot 6,93 \cdot (1 + \frac{1}{2} + 7) = 3,55 \cdot 10^{25}$ штук.

2. В 100 г оксида А содержится 38,1 г О и $100 - 38,1 = 61,9$ г Cr. Мольное соотношение $38,1/16 : 61,9/52 = 2,38 : 1,19 = 2 : 1$, откуда формула оксида А – CrO₂. По условию, в 22,4 л CrO₂ содержится ~1268 моль этого вещества, которые весят $(52+2 \cdot 16) \cdot 1268 = 106512$ г. Плотность CrO₂ найдем, разделив его массу на объем: $\rho = 106512/22,4 = 4755$ г/л или 4,755 г/см³. Объем магнитного слоя на ленте составляет $10 \cdot 10^{-6} \cdot 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 135 = 5,13 \cdot 10^{-6}$ м³ или 5,13 см³. Масса CrO₂ m = $5,13 \cdot 4,755 = 24,4$ г.

3. Составы оксидов Б и В считаем так же, как и А. Для Б: Cr : O = 52/52 : 48/16 = 1 : 3, откуда Б – CrO₃. Для В: Cr : O = 68,4/52 : 31,6/16 = 1,32 : 1,975 = 1 : 1,5 или 2 : 3, откуда В – Cr₂O₃.
Уравнение реакции [1]: $CrO_3 + Cr_2O_3 = 3CrO_2$.

4. Даже если Вы не посчитали точные составы оксидов, то достаточно посмотреть на реакцию [2]: оксид с большим содержанием О превращается в другой оксид с меньшим содержанием О и выделяется какой-то газ. Отсюда следует, что газом Д является кислород. Желтовато-зеленый газ Е с резким запахом с плотностью 3,165 г/л при н.у имеет молярную массу $3,165 \cdot 22,4 = 70,9$ г/моль, что однозначно указывает на хлор. Отсюда следует, что соединение Г содержит в своем составе атомы хлора – это и есть третий элемент. Зная массовые доли всех элементов, рассчитаем состав Г: Cr : O : Cl = $33,57/52 : 20,66/16 : (100 - 33,57 - 20,66)/35,45 = 0,646 : 1,291 : 1,291 = 1 : 2 : 2$, откуда Г – CrO₂Cl₂.
Уравнения реакций: $2CrO_3 = 2CrO_2 + O_2$ [2], $CrO_2Cl_2 = CrO_2 + Cl_2$ [3].

Соединение Б является достаточно реакционноспособным веществом: реагирует с водой с образованием сильной кислоты [реакция 4]; с избытком щелочи реагирует с выделением большого количества тепла [5]; при действии на него концентрированной соляной кислоты выделяется газ Е и получается соль, образованная оксидом В [6].

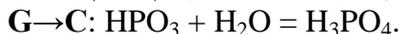
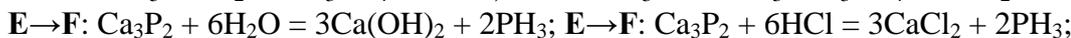
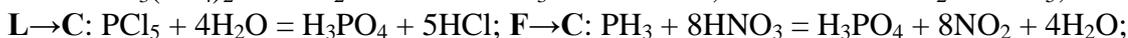
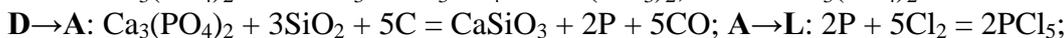
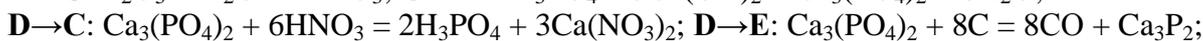
5. Уравнения реакций: $2CrO_3 + H_2O = H_2Cr_2O_7$ [4]; $CrO_3 + 2KOH = K_2CrO_4 + H_2O$ [5];
 $2CrO_3 + 12HCl_{(к)} = 2CrCl_3 + 6H_2O + 3Cl_2 \uparrow$ [6].

Система оценивания:

1. Расчеты соотношения, массы сплава, количества атомов по 2 б	3*2б = 6 б;
2. Формула оксида 1 б, масса вещества 2 б, его плотность 2 б	1б+2*2б = 5 б;
3. Формулы оксидов по 1 б, уравнение реакции 1 б	2*1б+1б = 3 б;
4. Формулы газов и вещества Г по 1 б, уравнения реакций по 1 б	3*1б+2*1б = 5 б;
5. Уравнения реакций по 1 б	3*1б = 3 б;
Всего	22 балла

Задание 5. (автор Сапарбаев Э.С.).

1. В условии задачи описан процесс открытия фосфора (элемент **X**) и свойства белого фосфора P_4 (вещество **A**). Уравнения реакций (для простоты формулу **A** будем записывать как **P**):



2. **B** – P_2O_5 (оксид фосфора (V)); **C** – H_3PO_4 (ортофосфорная кислота);

D – $Ca_3(PO_4)_2$ (ортофосфат кальция); **E** – Ca_3P_2 (фосфид кальция); **F** – PH_3 (фосфин);

G – HPO_3 (метафосфорная кислота); **H** – $NaPO_3$ (метафосфат натрия);

J – NH_4PO_4 (метафосфат аммония); **I** – $(NH_4)H_2PO_4$ (дигидроортофосфат аммония);

L – PCl_5 (пентахлорид фосфора).

3. Уравнение реакции: $8P + 3Ba(OH)_2 + 6H_2O = 2PH_3\uparrow + 3Ba(H_2PO_2)_2$ (**K** - гипофосфит бария).

Система оценивания:

1. Элемент **X**, вещество **A** (белый фосфор, если просто фосфор, то 0 б) по 1 б

$$2 \cdot 16 = 2 \text{ б;}$$

Уравнения реакций по 0,5 б

$$18 \cdot 0,56 = 9 \text{ б;}$$

2. Названия веществ **B-L** по 0,5 б

$$10 \cdot 0,56 = 5 \text{ б;}$$

3. Название соли 1 б, уравнение реакции 1 б

$$2 \cdot 16 = 2 \text{ б;}$$

Всего

18 баллов