

**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 европеец 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).

5. Уравнения реакций. $2\text{Na} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl}$; $2\text{Na} + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\uparrow$; $\text{Na}_2\text{O} + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.

Система оценивания:

1. Формулы и названия соли и кислоты по 0,5 б, название минерала 1 б	$0,56 \cdot 6 + 16 = 4$ б;
2. Расчет превышения нормы 2 б, массы элементов по 1 б	$26 + 16 \cdot 2 = 4$ б;
3. Расчет а) 1 б, б) 2 б, в) 3 б	$16 + 26 + 36 = 6$ б;
4. Формулы и любые верные названия веществ по 0,5 б	$(0,56 + 0,56) \cdot 5 = 5$ б;
5. Уравнения реакций с коэфф. по 1 б (с ошибками до 0,5 б)	$16 \cdot 4 = 4$ б;
Всего	24 балла

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

1. В ядре изотопа $^{10}_5\text{B}$ 5 протонов и $10 - 5 = 5$ нейтронов, в $^4_2\alpha$ -частице 2 протона и $4 - 2 = 2$ нейтрона. 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 $\text{C}_2^{10}\text{B}_{10}\text{H}_{12}$ 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 %. Поскольку α -частица содержит 2 протона, а ядро лития – 1 протон, они являются ядрами атомов элементов гелия и водорода, соответственно. Так как они 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: ${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} = {}^3_1\text{He} + {}^4_2\text{He}$ или ${}^3_1\text{H} + {}^4_2\alpha$ [10].

Система оценивания:

1. Количество p и n в каждой частице по 0,5 б, уравнения реакций по 1 б	$4 \cdot 0,5б + 2 \cdot 1б = 4 б;$
2. Уравнения реакций по 1 б, расчеты а), б), в) по 2 б	$2 \cdot 1б + 3 \cdot 2б = 8 б;$
3. Уравнения реакций по 1 б	$4 \cdot 1б = 4 б;$
4. Уравнение реакции 1 б, расчет времени 2 б	$1б + 2б = 3 б;$
5. Расчет 2 б, установление элементов по 1 б, уравнение реакции 1 б	$2б + 2 \cdot 1б + 1б = 5 б;$
Всего	24 балла

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	С – 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 1 б	6*1б = 6 б;
4. Правильное соотношение формулы с немецким названием по 0,5 б	10*0,5б = 5 б;
5. Названия веществ на немецком языке по 1 б	3*1б = 3 б;
Всего	24 балла

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 Nd₂BFe₁₄. 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*10²³*6,93*(1 + 1/2 + 7) = 3,55*10²⁵ 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*16)*1268 = 106512 г. Плотность CrO₂ найдем, разделив его массу на объем: ρ = 106512/22,4 = 4755 г/л или 4,755 г/см³. Объем магнитного слоя на ленте составляет 10*10⁻⁶*3,8*10⁻³*135 = 5,13*10⁻⁶ м³ или 5,13 см³. Масса CrO₂ m = 5,13*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]: CrO₃ + Cr₂O₃ = 3CrO₂.

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*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: 2CrO₃ = 2CrO₂ + O₂ [2], CrO₂Cl₂ = CrO₂ + Cl₂ [3].

5. Уравнения реакций: 2CrO₃ + H₂O = H₂Cr₂O₇ [4]; CrO₃ + 2KOH = K₂CrO₄ + H₂O [5];
2CrO₃ + 12HCl_(к) = 2CrCl₃ + 6H₂O + 3Cl₂↑ [6].

Система оценивания:

1. Расчеты соотношения, массы сплава, количества атомов по 2 б	3*2б = 6 б;
2. Формула оксида 2 б, масса вещества 2 б, его плотность 2 б	3*2б = 6 б;
3. Формулы оксидов по 2 б, уравнение реакции 1 б	2*2б+1б = 5 б;
4. Формулы газов и вещества Г по 2 б, уравнения реакций по 1 б	3*2б+2*1б = 8 б;
5. Уравнения реакций по 1 б	3*1б = 3 б;
Всего	28 баллов

**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 $2\text{NaCl}_{(\text{нас. р-р})} \xrightarrow{\text{электролиз с Hg катодом}} 2\text{Na}(\text{Hg}) + \text{Cl}_2 \uparrow$; $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{HCl} \uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$; $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{H}_2 \uparrow + \text{NaOH} + \text{Cl}_2 \uparrow$ 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	С – 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 Nd₂BFe₁₄. 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].

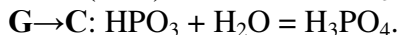
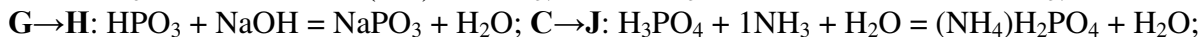
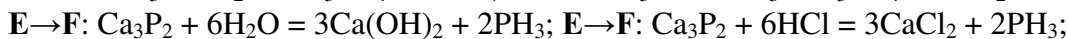
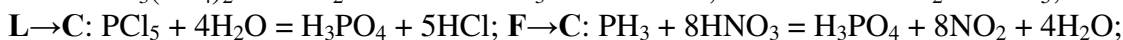
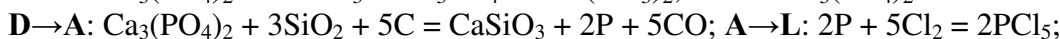
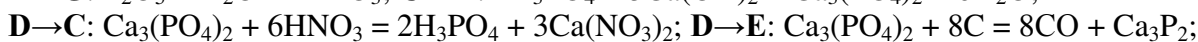
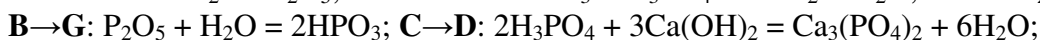
5. Уравнения реакций: $2CrO_3 + H_2O = H_2Cr_2O_7$ [4]; $CrO_3 + 2KOH = K_2CrO_4 + H_2O$ [5];
 $2CrO_3 + 12HCl_{(к)} = 2CrCl_3 + 6H_2O + 3Cl_2 \uparrow$ [6].

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

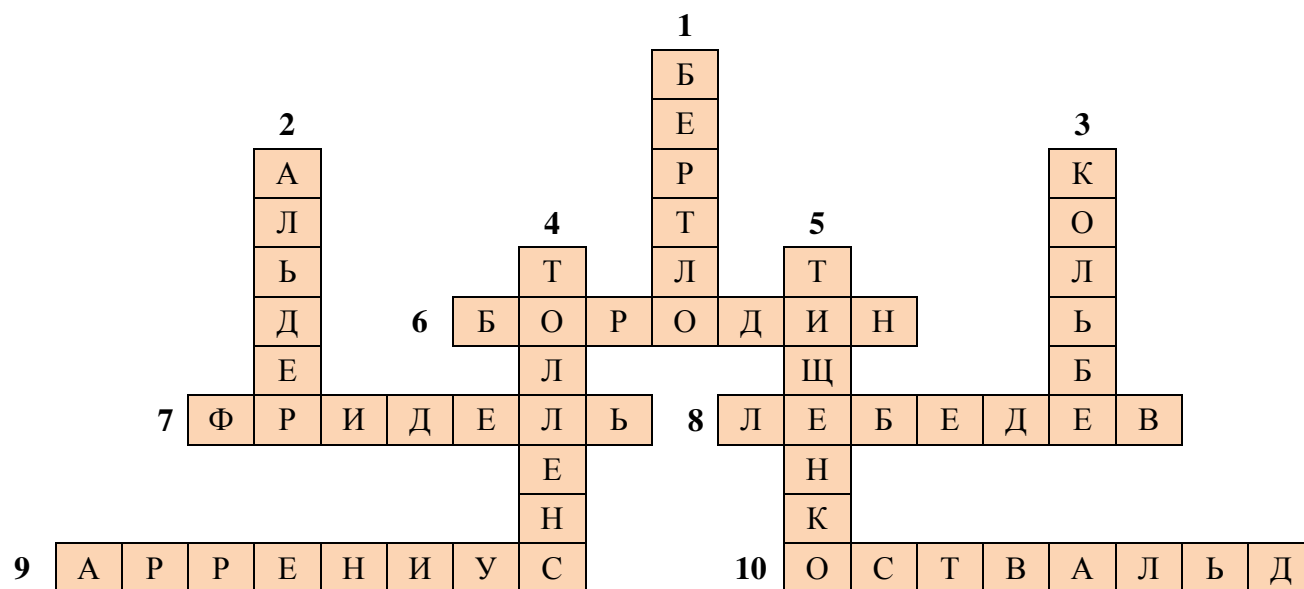
$$2 \cdot 16 = 2 \text{ б;}$$

Всего

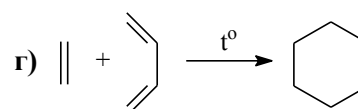
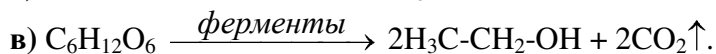
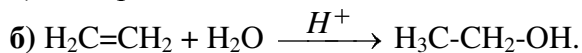
18 баллов



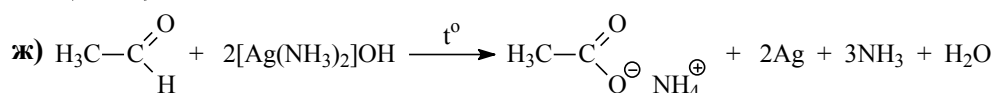
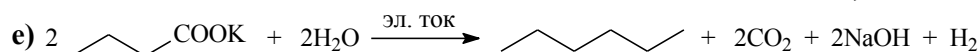
Задание 1. (авторы Морозов Д.А., Ильин М.А.).



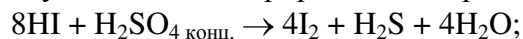
а) Дмитрий Иванович Менделеев.



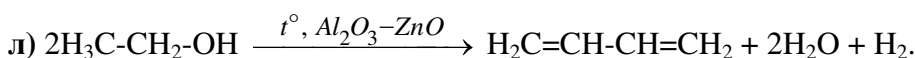
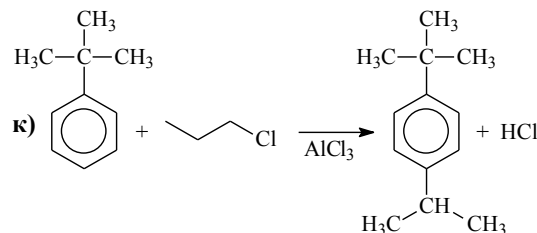
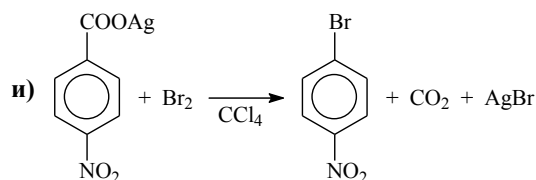
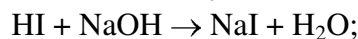
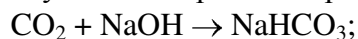
д) Дильс.



з) Сушение концентрированной серной кислотой: можно осушить только CO_2 и Cl_2 .



Сушение твердым гидроксидом натрия: можно осушить только NH_3 .



м) Сильные электролиты: например, все растворимые соли (NaCl , K_2SO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ и т.д.), щелочи (NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и т.д.), некоторые кислоты (HNO_3 , HCl , H_2SO_4 и др.).

Слабые электролиты: например, большинство органических карбоновых кислот (CH_3COOH , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ и др.), аммиак (NH_3 водн.), органические амины (CH_3NH_2 , $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ и др.).

Неэлектролиты: например, углеводы (глюкоза, сахароза и др.), дистиллированная вода.

$$н) K_a = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

Система оценивания:

Фамилии ученых в кроссворде	0,5 б. × 10 = 5 баллов
Ответ в пункте а (фамилия + имя + отчество).....	0,5 б. × 3 = 1,5 балла
Уравнения реакций в пунктах б, в, г, е, ж, и, к, л (с указанием всех условий).....	1 б. × 8 = 8 баллов
Уравнения реакций в пункте з (обоснование невозможности осушения)	1 б. × 5 = 5 баллов
Ответы в пунктах д, н	0,5 б. × 2 = 1 балл
Ответы в пункте м (по одному примеру электролитов и неэлектролита).....	0,5 б. × 3 = 1,5 балла
Всего	22 балла

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

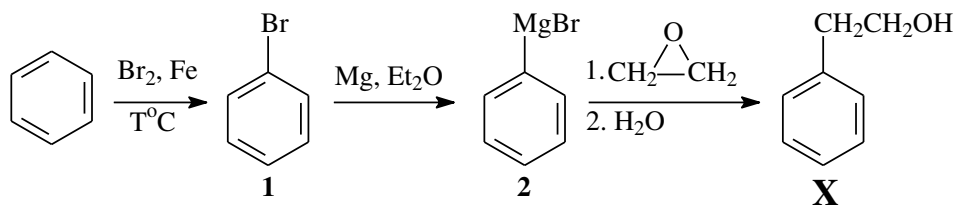
- Уравнения ядерных реакций: $^{10}_5\text{B} + ^1_0\text{n} = ^{11}_5\text{B}$ [1] и $^{11}_5\text{B} = ^7_3\text{Li} + ^4_2\alpha$ (или ^4_2He) [2].
- Для однократной терапии пациента массой 80 кг потребуется приблизительно $80 \cdot 10^3 \cdot 44 \cdot 10^{-6} / 4 = 880 \cdot 10^{-3} \text{ г} = 880 \text{ мг}$ бора-10. В препарате ортокарборане состава $\text{C}_2^{10}\text{B}_{10}\text{H}_{12}$ 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 $880 / 0,735 = 1197 \text{ мг}$ или приблизительно 1,2 г ортокарборана. При этом в опухоль массой 2 г попадет $44 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 88 \cdot 10^{-6} \text{ г}$ 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].
- 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].
- 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.
- Примем природное содержание изотопа ^6Li за x , тогда содержание изотопа ^7Li 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 трития получаются только в ходе облучения природного лития, значит, они являются продуктами реакции ^6_3Li 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:

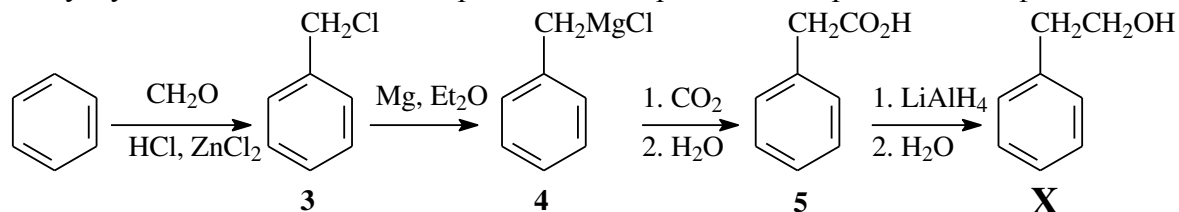
1. Уравнения реакций по 1 б	$2 \cdot 1б = 2 б;$
2. Уравнения реакций по 1 б, расчеты а), б), в) по 2 б	$2 \cdot 1б + 3 \cdot 2б = 8 б;$
3. Уравнения реакций по 1 б	$4 \cdot 1б = 4 б;$
4. Уравнение реакции 1 б, расчет времени 2 б	$1б + 2б = 3 б;$
5. Расчет 2 б, уравнение реакции 1 б	$2б + 1б = 3 б;$
Всего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

Задание 3. (авторы Конев В.Н., Ильин М.А.).

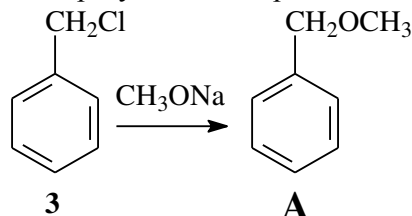
1-2. В результате реакции электрофильного ароматического бромирования бензола (в которой катализатором служит трибромид железа, образующийся при взаимодействии железа с бромом) получается бромбензол 1. Бромбензол реагирует с магнием в абсолютном диэтиловом эфире, что приводит к образованию фенилмагнибромиды 2. При действии фенилмагнибромиды на этиленоксид раскрывается оксирановое кольцо окиси этилена и после гидролиза образуется 2-фенилэтанол (фенетиловый спирт) X.



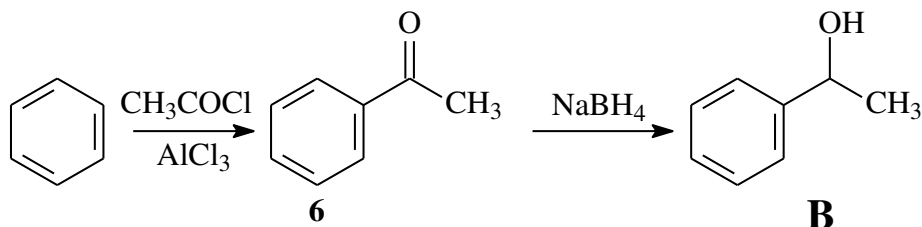
При взаимодействии бензола с формальдегидом в присутствии соляной кислоты и хлорида цинка в качестве катализатора образуется бензилхлорид **3**. Реакция между бензилхлоридом и магнием в абсолютном диэтиловом эфире приводит к образованию бензилмагнийхлорида **4**, который присоединяет углекислый газ и после гидролиза превращается в фенилуксусную кислоту **5**. Восстановление фенилуксусной кислоты алюмогидридом лития приводит к образованию 2-фенилэтанола **X**.



3. При действии метилата натрия на хлористый бензил **3** происходит нуклеофильное замещение атома хлора на метокси-группу, в результате образуется изомер соединения **X** – метилбензиловый эфир **A**.

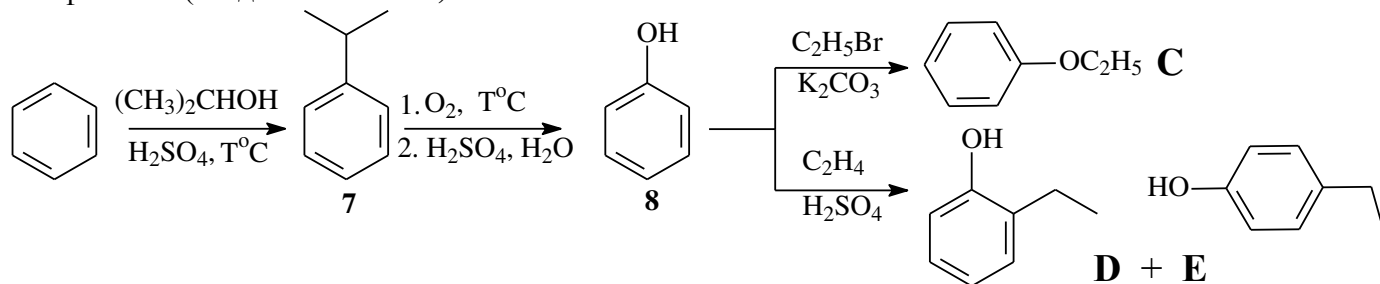


Взаимодействие хлористого ацетила с бензолом, катализируемое хлоридом алюминия, представляет собой реакцию ароматического электрофильного замещения и приводит к образованию ацетофенона **6**. Образовавшийся ацетофенон восстанавливается тетрагидридоборатом натрия и получается 1-фенилэтанол **B**.

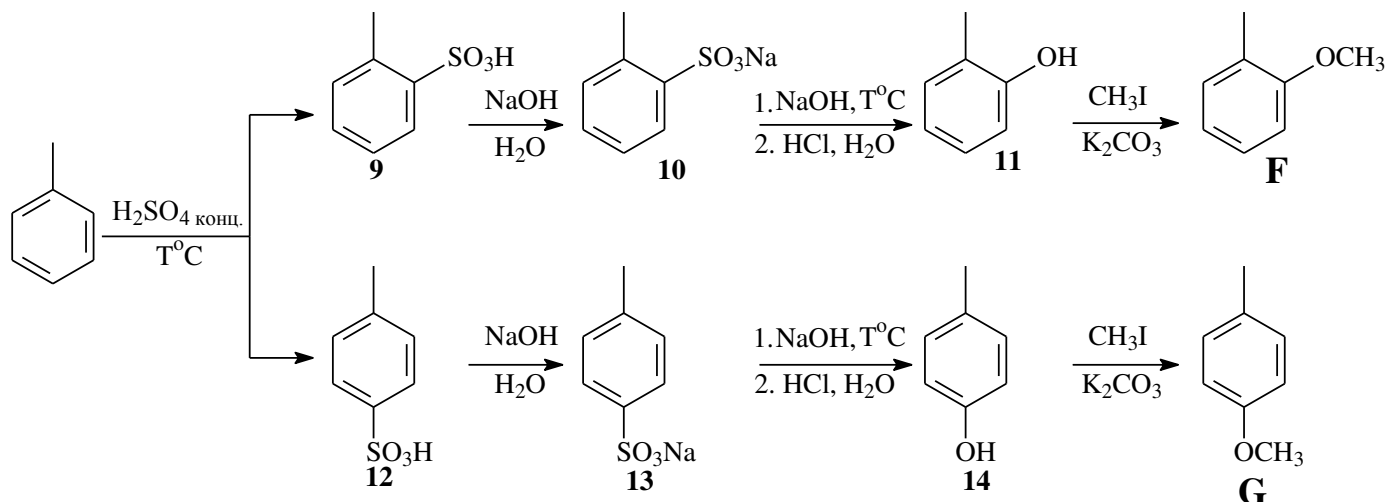


При алкилировании бензола изопропанолом в присутствии концентрированной серной кислоты получается кумол **7**. Окисление кумола кислородом воздуха и последующее расщепление образующегося гидропероксида кумола раствором серной кислотой является промышленным способом получения ароматического соединения **8** – фенола (и ацетона в качестве неароматического продукта). Алкилирование фенола бромистым этилом в присутствии основания (карбоната калия) является реакцией нуклеофильного замещения, при этом образуется фенетол **C**.

При алкилировании фенола этиленом в присутствии H_2SO_4 образуется смесь *o*- и *p*-этилфенолов (соединения **D** и **E**).



При сульфировании толуола образуется смесь *o*- и *p*-толуолсульфокислот **9** и **12**. Обработка этих кислот водным раствором щелочи приводит к образованию соответствующих натриевых солей **10** и **13**. Нагревание этих солей с твердой щелочью приводит к образованию метилфенолов **11** и **14**. В результате взаимодействия метилфенолов **11** и **14** с иодистым метилом получают метиланизолы **F** и **G**.



Система оценивания:

1. Структурная формула и название вещества X 1 б. × 2 = 2 балла
 2. Структурные формулы соединений 1-5 1 б. × 5 = 5 баллов
 3. Структурные формулы соединений А-Г и 6-14 1 б. × 16 = 16 баллов
- Всего** **23 балла**

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 Nd₂BFe₁₄. 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. Общая формула оксида M₂O_x. Массовая доля кислорода $\omega = 16x/(2M+16x) = 0,381$. Отсюда $16x = 0,381 \cdot (2M+16x) = 0,762M+6,096x$ или $0,762M = 16x-6,096x$. Отсюда $M = 9,904x/0,762 = 13x$. Составим таблицу, перебирая степени окисления:

x	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8
M, г/моль	13(?)	26(?)	39(К?)	52(Cr)	65(Zn?)	78(Se?)	91(Zr?)	104(?)

Единственный подходящий вариант – Cr (металл **М**), формула оксида **А** – CrO₂. К тому же выводу можно прийти, используя закон Дальтона для трех оксидов хрома **А**, **Б**, **В**.

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. В 100 г оксида **А** содержится 38,1 г О и $100 - 38,1 = 61,9$ г Cr. Мольное соотношение $38,1/16 : 61,9/52 = 2,38 : 1,19 = 2 : 1$

3. Составы оксидов **Б** и **В** считаем, зная, что металл – хром. В 100 г **Б** содержится 52 г хрома и 48 г кислорода, следовательно, их мольное соотношение: Cr : О = 52/52 : 48/16 = 1 : 3, откуда **Б** – CrO₃. Для **В**: Cr : О = 68,4/52 : 31,6/16 = 1,32 : 1,975 = 1 : 1,5 или 2 : 3, откуда **В** – Cr₂O₃.
Уравнение реакции [1]: CrO₃ + Cr₂O₃ = 3CrO₂.

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: $\text{Cr} : \text{O} : \text{Cl} = 33,57/52 : 20,66/16 : (100-33,57-20,66)/35,45 = 0,646 : 1,291 : 1,291 = 1 : 2 : 2$, откуда Г – CrO_2Cl_2 . Уравнения реакций: $2\text{CrO}_3 = 2\text{CrO}_2 + \text{O}_2$ [2], $\text{CrO}_2\text{Cl}_2 = \text{CrO}_2 + \text{Cl}_2$ [3].

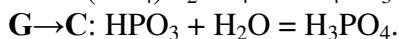
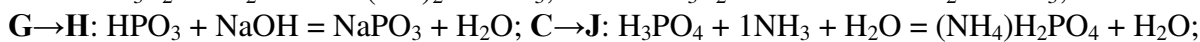
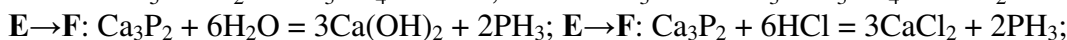
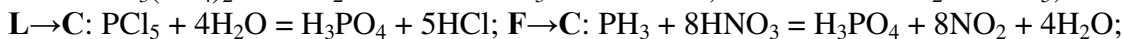
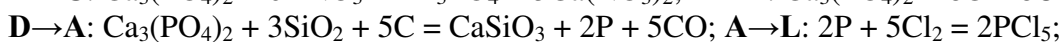
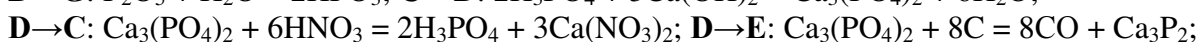
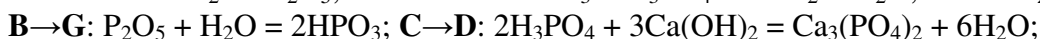
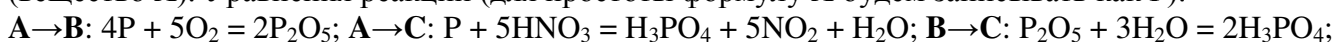
5. Уравнения реакций: $2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ [4]; $\text{CrO}_3 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ [5];
 $2\text{CrO}_3 + 12\text{HCl}_{(\text{к})} = 2\text{CrCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cl}_2 \uparrow$ [6], $4\text{CrO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ [7];
 $2\text{CrO}_2\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{HCl}$ [8].

Система оценивания:

1. Расчеты соотношения, массы сплава, количества атомов по 2 б	3*2б = 6 б;
2. Выход на металл 2 б, формула оксида 1 б, масса вещества 2 б, его плотность 2 б	1б+3*2б = 7 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	5*1б = 5 б;
Всего	26 баллов

Задание 5. (автор Сапарбаев Э.С.).

1. В условии задачи описан процесс открытия фосфора (элемент X) и свойства белого фосфора P₄ (вещество А). Уравнения реакций (для простоты формулу А будем записывать как P):



2. **B** – P₂O₅ (оксид фосфора (V)); **C** – H₃PO₄ (ортофосфорная кислота);

D – Ca₃(PO₄)₂ (ортофосфат кальция); **E** – Ca₃P₂ (фосфид кальция); **F** – PH₃ (фосфин);

G – HPO₃ (метафосфорная кислота); **H** – NaPO₃ (метафосфат натрия);

J – NH₄PO₄ (метафосфат аммония); **I** – (NH₄)H₂PO₄ (дигидроортофосфат аммония);

L – PCl₅ (пентахлорид фосфора).

3. Уравнение реакции: $8\text{P} + 3\text{Ba}(\text{OH})_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{PH}_3 \uparrow + 3\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ (**K** - гипофосфит бария).

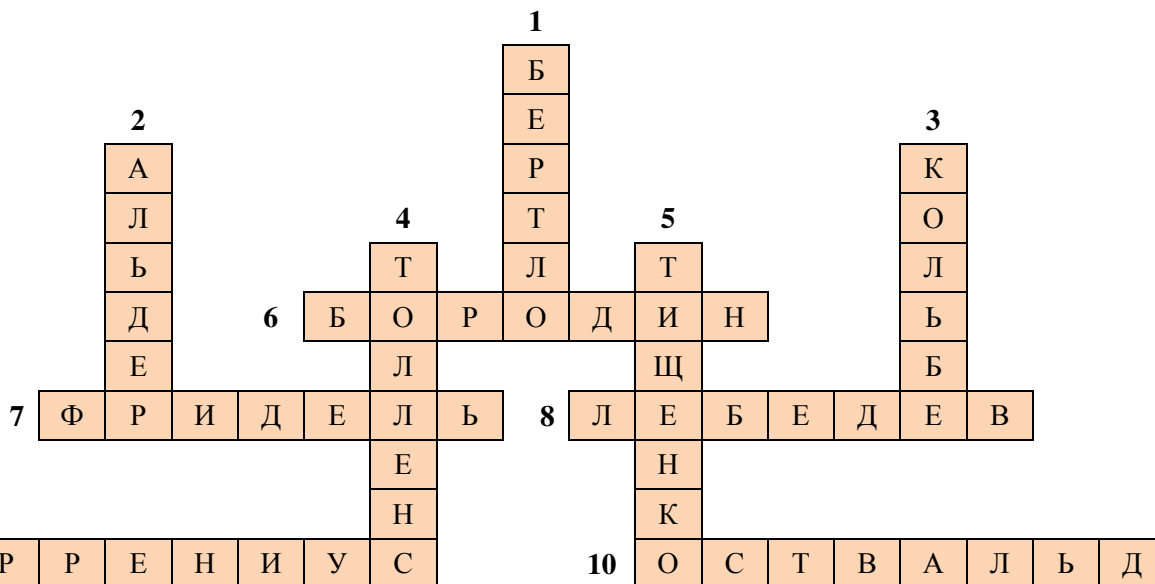
4. Молярная масса PCl₅ составляет 208,5 г/моль, следовательно, для растворения взяли $4,17/208,5 = 0,02$ моля пентахлорида фосфора. По уравнению реакции **L→C** образуется 0,1 моль HCl и 0,02 моля H₃PO₄. Концентрация HCl 1 моль/л, концентрация H₃PO₄ 0,2 моль/л. Диссоциация фосфорной кислоты в этих условиях идет менее, чем на 0,7 %, т.к. $7 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]}$, поэтому ее вкладом в рН можно пренебречь. Следовательно, в полученном растворе $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] \approx -\lg 1 = 0$.

Система оценивания:

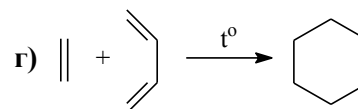
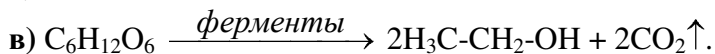
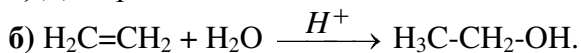
1. Элемент X, вещество А (белый фосфор, если просто фосфор, то 0 б) по 1 б	2*1б = 2 б;
Уравнения реакций по 0,5 б	18*0,5б = 9 б;
2. Названия веществ В-L по 0,5 б	10*0,5б = 5 б;
3. Название соли 1 б, уравнение реакции 1 б	2*1б = 2 б;
4. Оценка рН 3 б	3 б
Всего	21 балл



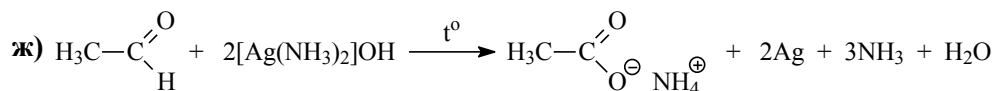
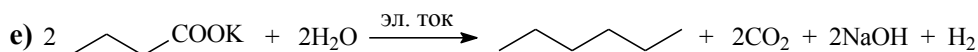
Задание 1. (авторы Морозов Д.А., Ильин М.А.).



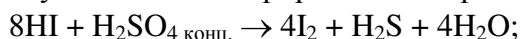
а) Дмитрий Иванович Менделеев.



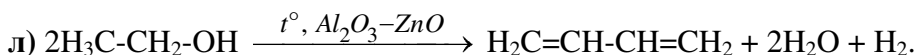
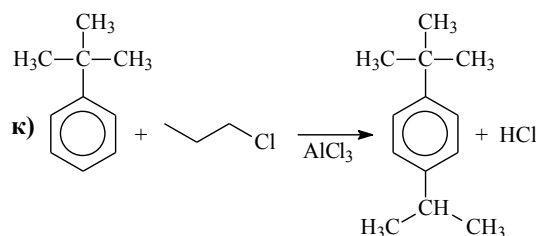
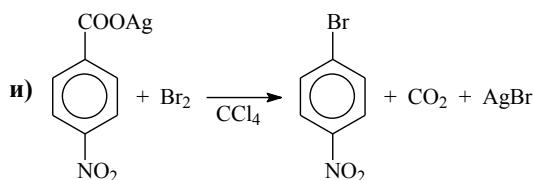
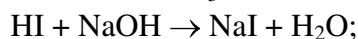
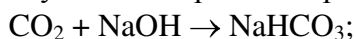
д) Дильс.



з) Сушение концентрированной серной кислотой: можно осушить только CO_2 и Cl_2 .



Сушение твердым гидроксидом натрия: можно осушить только NH_3 .



м) Сильные электролиты: например, все растворимые соли (NaCl , K_2SO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ и т.д.), щелочи (NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и т.д.), некоторые кислоты (HNO_3 , HCl , H_2SO_4 и др.).

Слабые электролиты: например, большинство органических карбоновых кислот (CH_3COOH , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ и др.), аммиак (NH_3 водн.), органические амины (CH_3NH_2 , $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ и др.).

Неэлектролиты: например, углеводы (глюкоза, сахароза и др.), дистиллированная вода.

н) $K_a = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$.

Система оценивания:

Фамилии ученых в кроссворде	0,5 б. × 10 = 5 баллов
Ответ в пункте а (фамилия + имя + отчество)	0,5 б. × 3 = 1,5 балла
Уравнения реакций в пунктах б, в, г, е, ж, и, к, л (с указанием всех условий)	1 б. × 8 = 8 баллов
Уравнения реакций в пункте з (обоснование невозможности осушения)	1 б. × 5 = 5 баллов
Ответы в пунктах д, н	0,5 б. × 2 = 1 балл
Ответы в пункте м (по одному примеру электролитов и неэлектролита)	0,5 б. × 3 = 1,5 балла
Всего	22 балла

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 $80 \cdot 10^3 \cdot 44 \cdot 10^{-6} / 4 = 880 \cdot 10^{-3} \text{ г} = 880 \text{ мг}$ бора-10. В препарате ортокарборане состава $\text{C}_2^{10}\text{B}_{10}\text{H}_{12}$ 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 $880 / 0,735 = 1197 \text{ мг}$ или приблизительно 1,2 г ортокарборана. При этом в опухоль массой 2 г попадет $44 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 88 \cdot 10^{-6} \text{ г}$ 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]. Количество атомов вещества зависит от времени согласно уравнению: $N = N_0 \times (1/2)^{t/t_{1/2}}$, где N – количество атомов в момент времени t, N_0 – начальное количество атомов, t – время, $t_{1/2}$ – период полураспада. Снижение содержания радиоактивных ядер в 128 раз означает, что $N_0/N = 128$ или $N/N_0 = 1/128$. Из уравнения получаем, что $1/128 = (1/2)^{t/t_{1/2}}$ или $128 = 2^{t/t_{1/2}}$. Поскольку $128 = 2^7$, следовательно $t/t_{1/2} = 7$, откуда $t = 7 \cdot 54 = 378$ дней. 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, за 7 – в 128.

5. Примем природное содержание изотопа ^6Li за x, тогда содержание изотопа ^7Li 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 трития получаются только в ходе облучения природного лития, значит, они являются продуктами реакции ^6_3Li 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].

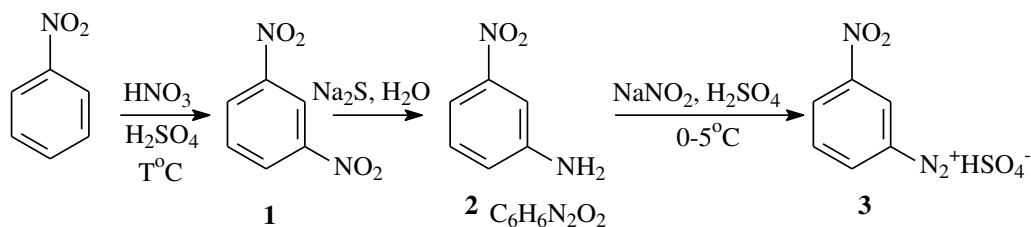
6. Глубина проникновения частиц в основном зависит от их вида, а также энергии. Если же взять частицы, образующиеся при ядерных реакциях изотопов, применяемых в медицине, то наибольшей степенью проникновения будет обладать γ -излучение, наименьшей α -частицы (можно воспользоваться эмпирическим правилом: чем больше размер (масса), тем меньше степень проникновения).

Система оценивания:

1. Уравнения реакций по 1 б	2*1б = 2 б;
2. Уравнения реакций по 1 б, расчеты а), б), в) по 2 б	2*1б+3*2б = 8 б;
3. Уравнения реакций по 1 б	4*1б = 4 б;
4. Уравнение реакции 1 б, расчет времени 2 б	1б+2б = 3 б;
5. Расчет 2 б, уравнение реакции 1 б	2б+1б = 3 б;
6. Аргументированный выбор каждого вида излучения по 1 б	2*1б = 2 б;
Всего	22 балла

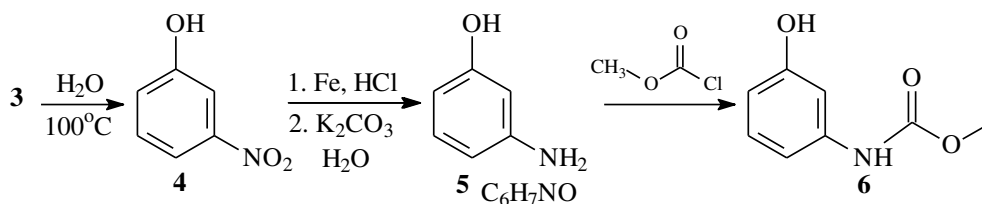
Задание 3. (авторы Конев В.Н., Ильин М.А.).

1. Взаимодействие бензола с нитрующей смесью ($\text{HNO}_3_{\text{конц.}} + \text{H}_2\text{SO}_4_{\text{конц.}}$) при нагревании приводит к образованию *m*-динитробензола **1**. Продукт **2** имеет молекулярную формулу $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2$, следовательно, при обработке *m*-динитробензола раствором сульфида натрия происходит реакция восстановления, причем восстанавливается лишь одна нитрогруппа и образуется *m*-нитроанилин **2**. Взаимодействие аминогруппы *m*-нитроанилина с азотистой кислотой ($\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$) приводит к образованию соли диазония **3**, эта реакция проводится при низкой температуре ввиду неустойчивости солей диазония.

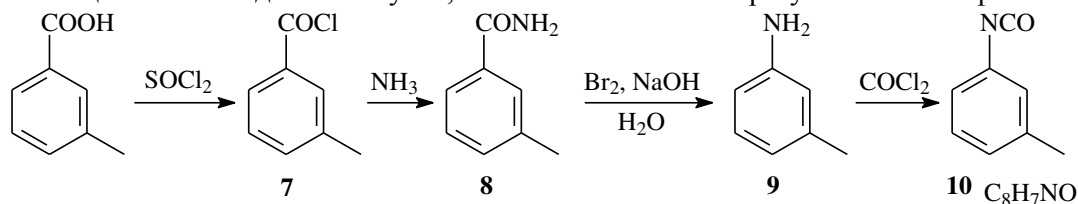


Кипячение водного раствора соли диазония **3** приводит к отщеплению молекулярного азота и образованию *m*-нитрофенола **4**. Под действием железных опилок в присутствии соляной кислоты (водород «в момент выделения»), один из вариантов проведения реакции Зинина – восстановления нитропроизводных ароматических углеводородов до аминов) образуется соль (хлорид) *m*-аминофенола. Эта соль превращается в соответствующий аминифенол **5** после обработки водным раствором карбоната калия.

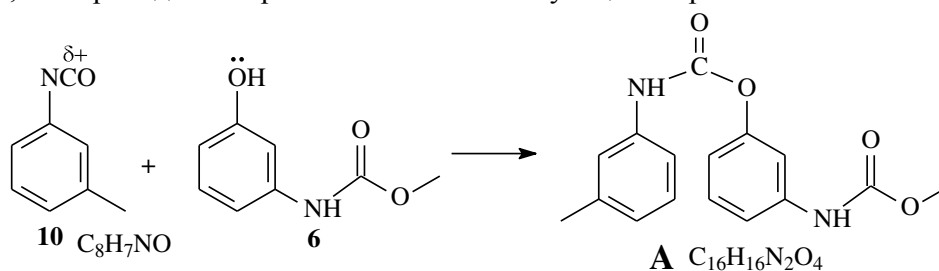
В молекуле аминифенола **5** присутствуют два нуклеофильных центра: на атоме кислорода фенольной группы и на атоме азота аминогруппы. Поскольку в условии задачи указано, что при взаимодействии вещества **6** с водным раствором хлорида железа(III) появляется фиолетовое окрашивание (качественная реакция на фенолы), в **6** присутствует фенольная группа. Следовательно, на стадии взаимодействия **5** с метилхлорформиаом происходит замещение атома водорода при аминогруппе в молекуле *m*-аминифенола.



При взаимодействии 3-метилбензойной кислоты с тионилхлоридом образуется соответствующий хлорангидрид **7**, который после обработки аммиаком превращается в амид **8**. Следующая реакция представляется собой перегруппировку Гофмана: при действии на амид **8** бромом в щелочной среде происходит образование 3-метиланилина **9**. Реакция первичных аминов с фосгеном является промышленным методом синтеза изоцианатов – в данном случае, из 3-метиланилина образуется 3-метилфенилизоцианат **10**.



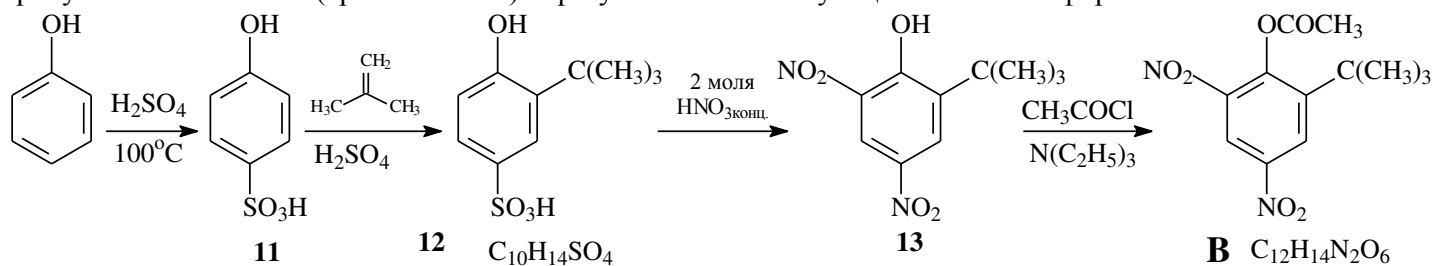
Последняя стадия синтеза гербицида **A** представляет собой взаимодействие замещенного фенола **6** с изоцианатом **10**, что приводит к образованию соответствующего карбамата **A**.



2. На первой стадии синтеза гербицида **B** проводят сульфирование фенола концентрированной серной кислотой. При проведении этой реакции при низкой температуре основным продуктом будет *o*-изомер соответствующей сульфоксилоты, при нагревании – *n*-изомер. Не зная о таких «тонкостях» экспериментального органического синтеза об образовании именно *n*-изомера можно догадаться, приняв во внимание указание в условии задания о невозможности образования *внутримолекулярных* водородных связей молекулами соединения **11**. На следующей стадии происходит алкилирование образовавшегося сульфопроизводного фенола **11**. Судя по приведенной молекулярной формуле, образовался продукт моноалкилирования, а учитывая, что фенольная группа является сильно активирующим *орто-пара*-ориентантом, замещение идет в *o*-положение к группе OH (*n*-положение занято сульфогруппой).

Следующая стадия – взаимодействие *n*-сульфопроизводного **12** с двумя эквивалентами концентрированной азотной кислоты. Руководствуясь молекулярной формулой **B**, в которой не содержится атомов

серы и присутствуют 2 атома азота, можно предположить, что на этой стадии происходит замещение сульфогруппы на нитрогруппу и нитрование (в *o*-положение к фенольной группе и, одновременно, в *m*-положение к исходной сульфогруппе). Т.е., соединение **13** представляет собой продукт «согласованного» нитрования – 2-изопропил-4,6-динитрофенол. При действии на соединение **13** ацетилхлоридом в присутствии основания (триэтиламина) образуется соответствующий сложный эфир **B**.



3. Показатель «ЛД₅₀» является одной из наиболее широко применяемых количественных оценок опасности токсичных веществ. Аббревиатура «ЛД» означает «летальная доза», нижний индекс «50» означает гибель половины испытуемых животных (обычно испытания токсичности веществ проводятся на лабораторных крысах). Единицы измерения этой величины – «мг/кг» – показывают, какая именно масса данного вещества должна поступить в организм на каждый кг массы этого организма.

Система оценивания:

1. Структурные формулы гербицида **A** и соединений **1-10** по 1,5 б. 1,5 б. × 11 = 16,5 б;
 2. Структурные формулы гербицида **B** и соединений **11-13** по 1,5 б. 1,5 б. × 4 = 6 б;
 3. Расшифровка «ЛД₅₀» 0,5 б, «мг/кг» 1 б. 0,5 б + 1 б = 1,5 б;
- Всего** **24 балла**

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 Nd₂BFe₁₄. 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*10²³*6,93*(1 + 1/2 + 7) = 3,55*10²⁵ штук.

2. Общая формула оксида M₂O_x. Массовая доля кислорода ω = 16x/(2M+16x) = 0,381. Отсюда 16x = 0,381*(2M+16x) = 0,762M+6,096x или 0,762M = 16x-6,096x. Отсюда M = 9,904x/0,762 = 13x. Составим таблицу, перебирая степени окисления:

x	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8
M, г/моль	13(?)	26(?)	39(K?)	52(Cr)	65(Zn?)	78(Se?)	91(Zr?)	104(?)

Единственный подходящий вариант – Cr (металл **M**), формула оксида **A** – CrO₂. К тому же выводу можно прийти, используя закон Дальтона для трех оксидов хрома **A**, **B**, **B**.

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

3. Составы оксидов **B** и **B** считаем, зная, что металл – хром. В 100 г **B** содержится 52 г хрома и 48 г кислорода, следовательно, их мольное соотношение: Cr : O = 52/52 : 48/16 = 1 : 3, откуда **B** – CrO₃. Для **B**: Cr : O = 68,4/52 : 31,6/16 = 1,32 : 1,975 = 1 : 1,5 или 2 : 3, откуда **B** – Cr₂O₃.

Уравнение реакции [1]: CrO₃ + Cr₂O₃ = 3CrO₂.

4. Даже если Вы не посчитали точные составы оксидов, то достаточно посмотреть на реакцию [2]: оксид с большим содержанием O превращается в другой оксид с меньшим содержанием O и выделяется какой-

то газ. Отсюда следует, что газом Д является кислород. Газ Е, выделяющийся из соляной кислоты под действием окислителя, по-видимому, хлор. Отсюда следует, что соединение Г содержит в своем составе атомы хлора – это и есть третий элемент. На это же указывает и способ получения Г – один из реагентов – поваренная соль. Зная массовые доли всех элементов, рассчитаем состав Г: $\text{Cr} : \text{O} : \text{Cl} = 33,57/52 : 20,66/16 : (100-33,57-20,66)/35,45 = 0,646 : 1,291 : 1,291 = 1 : 2 : 2$, откуда Г – CrO_2Cl_2 . Желто-оранжевая калиевая соль Ж, содержащая в своем составе хром и кислород – дихромат калия, который как раз подходит по массовой доле кислорода.

Уравнения реакций: $2\text{CrO}_3 = 2\text{CrO}_2 + \text{O}_2$ [2], $\text{CrO}_2\text{Cl}_2 = \text{CrO}_2 + \text{Cl}_2$ [3],

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{NaCl} + 6\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})} = 2\text{CrO}_2\text{Cl}_2\uparrow + 2\text{KHSO}_4 + 4\text{NaHSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ [4].

5. Уравнения реакций: $2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ [5]; $\text{CrO}_3 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ [6];
 $2\text{CrO}_3 + 12\text{HCl}_{(\text{к})} = 2\text{CrCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cl}_2\uparrow$ [7], $4\text{CrO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ [8];
 $2\text{CrO}_2\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{HCl}$ [9].

Система оценивания:

1. Расчеты соотношения, массы сплава, количества атомов по 2 б	3*2б = 6 б;
2. Выход на металл 2 б, формула оксида 1 б, масса вещества 2 б, его плотность 2 б	1б+3*2б = 7 б;
3. Формулы оксидов по 1 б, уравнение реакции 1 б	2*1б+1б = 3 б;
4. Формулы газов и веществ Г и Ж по 1 б, уравнения реакций по 1 б	4*1б+3*1б = 7 б;
5. Уравнения реакций по 1 б	5*1б = 5 б;
Всего	28 баллов

Задание 5. (автор Сапарбаев Э.С.).

1. В условии задачи описан процесс открытия фосфора (элемент X) и свойства белого фосфора P₄ (вещество А). Уравнения реакций (для простоты формулу А будем записывать как Р):

$\text{A} \rightarrow \text{B}: 4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$; $\text{A} \rightarrow \text{C}: \text{P} + 5\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{B} \rightarrow \text{C}: \text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$;

$\text{B} \rightarrow \text{G}: \text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HPO}_3$; $\text{C} \rightarrow \text{D}: 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$;

$\text{D} \rightarrow \text{C}: \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{HNO}_3 = 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; $\text{D} \rightarrow \text{E}: \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 8\text{C} = 8\text{CO} + \text{Ca}_3\text{P}_2$;

$\text{D} \rightarrow \text{A}: \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{SiO}_2 + 5\text{C} = \text{CaSiO}_3 + 2\text{P} + 5\text{CO}$; $\text{A} \rightarrow \text{L}: 2\text{P} + 5\text{Cl}_2 = 2\text{PCl}_5$;

$\text{L} \rightarrow \text{C}: \text{PCl}_5 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{HCl}$; $\text{F} \rightarrow \text{C}: \text{PH}_3 + 8\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$;

$\text{E} \rightarrow \text{F}: \text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{PH}_3$; $\text{E} \rightarrow \text{F}: \text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{HCl} = 3\text{CaCl}_2 + 2\text{PH}_3$;

$\text{G} \rightarrow \text{H}: \text{HPO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaPO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{C} \rightarrow \text{J}: \text{H}_3\text{PO}_4 + 1\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;

$\text{J} \rightarrow \text{I}: (\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 = \text{NH}_4\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{I} \rightarrow \text{H}: \text{NH}_4\text{PO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaPO}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$;

$\text{G} \rightarrow \text{C}: \text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4$.

2. В – P₂O₅ (оксид фосфора (V)); С – H₃PO₄ (ортофосфорная кислота);

D – Ca₃(PO₄)₂ (ортофосфат кальция); E – Ca₃P₂ (фосфид кальция); F – PH₃ (фосфин);

G – HPO₃ (метафосфорная кислота); H – NaPO₃ (метафосфат натрия);

J – NH₄PO₄ (метафосфат аммония); I – (NH₄)H₂PO₄ (дигидроортофосфат аммония);

L – PCl₅ (пентахлорид фосфора).

3. Уравнение реакции: $8\text{P} + 3\text{Ba}(\text{OH})_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{PH}_3\uparrow + 3\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ (K - гипофосфит бария).

4. Молярная масса PCl₅ составляет 208,5 г/моль, следовательно, для растворения взяли $4,17/208,5 = 0,02$ моля пентахлорида фосфора. По уравнению реакции L→C образуется 0,1 моль HCl и 0,02 моля H₃PO₄. Концентрация HCl 1 моль/л, концентрация H₃PO₄ 0,2 моль/л. Диссоциация фосфорной кислоты в этих условиях идет менее, чем на 0,7 %, т.к. $7 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot [\text{H}_2\text{PO}_4^-]/[\text{H}_3\text{PO}_4]$, поэтому ее вкладом в pH можно пренебречь. Следовательно, в полученном растворе $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] \approx -\lg 1 = 0$.

Система оценивания:

1. Элемент X, вещество А (белый фосфор, если просто фосфор, то 0 б) по 1 б	2*1б = 2 б;
Уравнения реакций по 0,5 б	18*0,5б = 9 б;
2. Названия веществ В-L по 0,5 б	10*0,5б = 5 б;
3. Название соли 1 б, уравнение реакции 1 б	2*1б = 2 б;
4. Оценка pH 3 б	3 б
Всего	21 балл