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

1. Названия посуды и оборудования: промывалка, чашка Петри, мерная колба, воронка химическая, химический стакан, ступка с пестиком, автоматический дозатор (пипетка, пипетор), мерный цилиндр, пробирки, штатив для пробирок (штатив с пробирками засчитывается за два ответа), газовая горелка (Бунзена), термометр, двугорлая колба, капельная воронка, обратный холодильник (шариковый или холодильник Аллина), прямой холодильник (Либиха), аллонж, колба круглодонная, насадка Вюрца, колба грушевидная, штатив с лапками. Установка на рисунке служит для перегонки (дистилляции) жидкостей.

2. Из описания солей, растворы которых содержатся в емкостях I-IV, делаем вывод, о том, что в двух из этих емкостей находятся калиевые соли, в состав анионов которых входит хром. Одна из них – это соль дихромат-аниона (аммонийная соль используется в опыте «вулкан на столе», анион придает солям оранжевую окраску), вторая – хромат-аниона (второй известный кислородсодержащий анион с хромом, желтая окраска).

В составе двух оставшихся растворов тоже присутствует какой-то один элемент 4 периода ПС. Реакция, используемая в демонстрационных экспериментах для получения искусственной крови, либо как качественная реакция на катион этого элемента в степени окисления +3, - образование роданидных комплексов железа. Тогда в одной из емкостей находится калиевая соль роданидного комплекса железа(III) (красного цвета), а в другой – калиевая соль аниона, содержащего железо в более высокой степени окисления, т.е. феррат-аниона (цвет – фиолетовый).

В растворы 1-3 помещены купоросы (сульфаты) элементов 4 периода. Голубой раствор 1, который превращается в сине-фиолетовый раствор 4 при добавлении аммиака, может быть только раствором сульфата меди. Зеленый раствор 2 мог бы быть раствором железного купороса, но при добавлении аммиака он не стал бы синим, а превратился бы в бесцветный раствор с зеленовато-белым, бурящим на воздухе осадком. А вот растворы солей никеля при добавлении избытка аммиака дают аммиачный комплекс, окрашенный в интенсивный синий цвет. Розовый раствор 3 мог бы быть сульфатом марганца(II), но при добавлении соляной кислоты он тоже не стал бы синим, а только увеличил бы интенсивность красно-розовой окраски. Зато соли кобальта при добавлении концентрированной соляной кислоты образуют хлоридный комплекс кобальта синего цвета.

Итак, в колбах I-IV находятся: I – K_2FeO_4 – феррат калия, II – $K_3[Fe(SCN)_6]$ – гексароданоферрат(III) (или гексатиоцианоферрат(III)) калия, III – K_2CrO_4 – хромат калия, IV – $K_2Cr_2O_7$ – дихромат калия.

В пробирках 1-4 находятся: 1 – $CuSO_4$, 2 – $NiSO_4$, 3 – $CoSO_4$, 4 – $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ – сульфат тетраамминмеди(II). Именно сульфат тетраамминмеди останется после испарения раствора, а ни в коем случае не гидроксид тетраамминмеди (это очень сильное основание) в смеси с сульфатом аммония.

3. Уравнения реакций: $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t, ^\circ C} N_2 \uparrow + Cr_2O_3 + 4H_2O$ [1];

$4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t, ^\circ C} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2 \uparrow$ [2];

$2(NH_4)_2CrO_4 \xrightarrow{t, ^\circ C} Cr_2O_3 + 2NH_3 \uparrow + N_2 \uparrow + 5H_2O$ [3];

$Fe^{3+} + xNCS^- \rightarrow Fe(SCN)_x^{3-x}$ [4] (засчитываются ответы с любым x и с координированной водой);

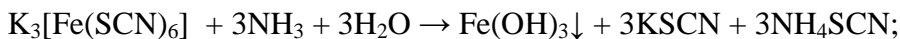
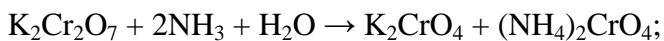
$2Fe(OH)_3 + 3Cl_2 + 10KOH \rightarrow 2K_2FeO_4 + 6KCl + 8H_2O$ [5];

$2K_2FeO_4 + 16HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3Cl_2 \uparrow + 4KCl + 8H_2O$ [6]; $CuSO_4 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]SO_4$ [7];

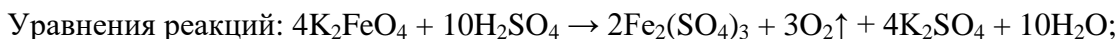
$NiSO_4 + 6NH_3 \cdot H_2O \rightarrow [Ni(NH_3)_6]SO_4 + 6H_2O$ [8]; $CoSO_4 + 4HCl \rightarrow H_2[CoCl_4] + H_2SO_4$ [9].

а) С раствором аммиака не взаимодействует только K_2CrO_4 . Уравнения реакций:

$2K_2FeO_4 + 2NH_3 + 2H_2O \rightarrow N_2 \uparrow + 2Fe(OH)_3$ (или $FeO(OH)$) \downarrow + 4KOH;



б) С раствором разбавленной серной кислоты не взаимодействует только $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.



$2\text{K}_3[\text{Fe}(\text{SCN})_6] + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{HSCN}$. Равновесие в этой реакции смещено вправо вследствие разложения родановодорода, протекающего с заметной скоростью при его концентрации в растворе выше 5% или при повышении температуры. Продукты разложения родановодорода весьма разнообразны (сера, оксид-сульфид углерода, циановодород, аммиак, ксантановый водород и т.п.) и их состав сильно зависит от условий, поэтому писать уравнение этой реакции не требуется.

Система оценивания:

1. Посуда, оборудование, назначение установки по 0,25 б $0,25 \cdot 22 = 5,5$ б.

2. Формулы солей по 0,5 б, соответствие номеру по 0,5 б, названия по 0,5 б. В случае не полностью точных формул соединений в емкостях II и 4 баллы за формулы не ставятся, а соответствие номеру и верное название для данного соединения оцениваются полным баллом... $(0,5+0,5) \cdot 8 + 0,5 \cdot 5 = 10,5$ б.

3. Уравнения реакций по 1 б. Если уравнения реакций [4]-[9] верно записаны в сокращенном ионном виде, то за них выставляется полный балл. Если продуктами реакций [7], [8] являются гидроксиды амминокомплексов, то за эти уравнения (неважно, в одну или две стадии) выставляется половина баллов. За любую частицу CoCl_x , где $x \neq 4$ (в т.ч. CoCl_2) выставляется половина баллов. $1 \cdot 9 = 9$ б.

4. Верное указание «не идет» / «идет» по 0,5 б (наличие уравнения, даже неверного, расценивается как ответ «идет», отсутствие уравнения или указания не оценивается как ответ «не идет»), неверное указание минус 0,5 б, но в целом за ответ на вопрос «не идет» / «идет» не меньше 0 баллов. Верные уравнения реакций для роданидного комплекса по 2 б., остальные по 1 б. $0,5 \cdot 8 + 2 \cdot 2 + 1 \cdot 4 = 12$ б.

Всего **37 баллов.**

Задание 2. (авторы В.А. Емельянов, Р.А. Бредихин)

1. Поскольку все минералы – это либо соединения железа с кислородом, либо с серой, формула каждого из них может быть представлена в виде Fe_nO_m (либо $\text{Fe}_n\text{S}_{m/2}$, т.к. атомная масса серы ровно в 2 раза больше атомной массы кислорода), где n и m для разных минералов разные.

Для минерала **А** отношение $n : m = 72,4/56 : (100-72,4)/16 = 1,293 : 1,725 = 1 : 1,33 = 3 : 4$, формула оксида Fe_3O_4 (такой есть), сульфида Fe_3S_2 (такого нет). То есть **А** – Fe_3O_4 .

Для минерала **Б** отношение $n : m = 70/56 : (100-70)/16 = 1,25 : 1,875 = 1 : 1,5 = 2 : 3$, формула оксида Fe_2O_3 (такой есть), сульфида $\text{Fe}_2\text{S}_{1,5}$ или Fe_4S_3 (такого нет). То есть **Б** – Fe_2O_3 .

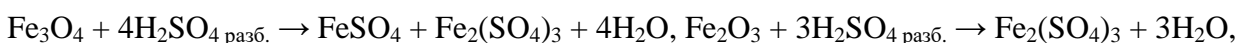
Для минерала **В** отношение $n : m = 46,6/56 : (100-46,6)/16 = 0,832 : 3,338 = 1 : 4$, формула оксида FeO (такого нет), сульфида FeS_2 (такой есть). То есть **В** – FeS_2 .

2. **А** – Fe_3O_4 – магнетит (магнитный железняк), оксид железа (II, III). Собственное название – железная окалина – происходит от способа получения этого соединения накаливанием, т.е. нагреванием железа до температуры красного или белого каления на воздухе.

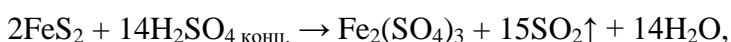
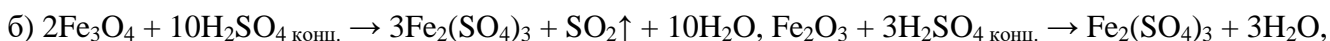
Б – Fe_2O_3 – гематит (красный железняк, железный блеск), оксид железа (III).

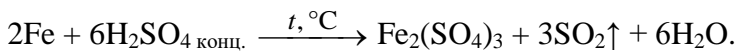
В – FeS_2 – пирит (железный колчедан, серный колчедан), дисульфид железа (II). Собственное название – золото глупцов или золото дураков – происходит от того, что не очень умные золотоискатели путали золотистые блестящие кристаллы пирита с настоящим золотом.

3. Уравнения реакций: а) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ разб.} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$,

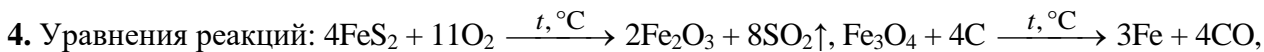


$\text{FeS}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ разб.} \neq$ не идет.





$\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_{4 \text{ конц.}} \neq$ при комнатной температуре не идет.



$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{Fe} + 3\text{CO}$. Отметим, что в п. 6 условия изначально предполагалось указание на то, что углерод окисляется до высшего оксида в процессе нагрева печи, однако неполная однозначность трактовки этой фразы предполагает, что в качестве правильных ответов в п. 4 и в п. 6 будет также засчитано и окисление кокса до углекислого газа. Это вполне оправдано, поскольку CO тоже работает как восстановитель оксидов железа, окисляясь до углекислого газа.

5. Масса минерала А в 1 тонне этой руды составляет $0,7 \cdot 1000 = 700$ кг, масса железа $0,724 \cdot 700 = 506,8$ кг. Масса железа в готовом чугуна $0,96 \cdot 490 = 470,4$ кг. Эффективность (выход) процесса выплавки железа в этой смене составляет $470,4/506,8 = 0,928$ или 92,8 %.

6. Количество минерала А в 1 тонне руды составляло $700/232 = 3,017$ кмоль. При окислении кокса до угарного газа в процессе получения железа (п. 4) расход кокса на восстановление составит $3,017 \cdot 4 \cdot 12 = 144,8$ кг, при окислении до углекислого газа (как можно понять из п. 6 условия) расход будет в 2 раза меньше $3,017 \cdot 2 \cdot 12 = 72,4$ кг. Масса кокса, вошедшего в состав чугуна, составила $0,04 \cdot 490 = 19,6$ кг. Масса кокса, израсходованная на нагрев доменной печи, $500 - 144,8 - 19,6 = 335,6$ кг либо $500 - 72,4 - 19,6 = 408$ кг. Это составляет $335,6/500 = 0,671$ либо $408/500 = 0,816$ от общей массы кокса.

7. Средняя плотность человеческого тела варьируется от 0,93 (при вдохе) до 1,07 г/см³, поэтому для нашей оценки вполне логично принять ее равной 1 г/см³. Средняя масса мужчины средних лет от 70 до 80 кг, для оценки возьмем 75 кг. Масса такого мужчины, если его перековать в Железного Дровосека, составит $(1 - 0,2) \cdot 7,9 \cdot 75/1 = 474$ кг, иначе говоря, 450-500 кг. Массой воздуха (и доброго сердца, конечно) внутри Железного Дровосека однозначно можно пренебречь.

Система оценивания:

1. Расчет формул по 2 б. (подтверждение расчетом по 1 б.), отказ от несуществующего соединения с другим элементом по 0,5 б $(2 + 0,5) \cdot 3 = 7,5$ б.
2. Названия по 1 б, происхождение собственных названий по 1 б..... $1 \cdot (8 + 2) = 10$ б.
- 3-4. Уравнения реакций по 1 б, их отсутствие по 0,5 б (если нет уравнения реакции железа с горячей конц. кислотой, но написано, что не реагирует, то 0,5 б.) $1 \cdot 10 + 0,5 = 10,5$ б.
5. Эффективность 3 б 3 б.
6. Масса кокса на восстановление 2 б, масса в чугуне 2 б., доля на нагрев 1 б. (если не учтен углерод, пошедший на образование чугуна, то 0,5 б.) $2 + 2 + 1 = 5$ б.
7. Обоснованная оценка массы 3 б 3 б.

Всего 39 баллов.

Задание 3. (авторы В.А. Емельянов, М.П. Юткин)

1. То, что неизвестное вещество – кислород (O₂), легко установить по его содержанию в атмосфере и даже по внешнему виду при 70 К. Проверим молярную массу, которую легко посчитать из заданного значения плотности при н.у.: $1,429 \cdot 22,4 = 32$ г/моль, что и требовалось доказать.

2. Характеристики молекул: 1, 3, 9, 12, 13, 14. Характеристики вещества: 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 16.

3. В 1 мл воды растворяется $4,89 \cdot 10^{-2}$ мл или $4,89 \cdot 10^{-5}$ л кислорода, что составит $4,89 \cdot 10^{-5}/22,4 = 2,183 \cdot 10^{-6}$ моля или $2,183 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,31 \cdot 10^{18}$ молекул. Масса кислорода составит $2,183 \cdot 10^{-6} \cdot 32 = 6,986 \cdot 10^{-5}$ г, масса раствора примерно 1 г, отсюда массовая доля кислорода примерно $7 \cdot 10^{-3}$ %.

4. Количество кислорода в 100 г равно $100/32 = 3,125$ моля. Общие затраты тепла – сумма трех слагаемых: нагрев жидкого кислорода от 70 до 90,1 К, испарение (переход жидкости в газ), нагрев газообразного кислорода от 90,1 до 273,15 К. Для расчета первого и третьего слагаемых воспользуемся теплоемкостями, которые и показывают, сколько тепла надо затратить, чтобы нагреть 1 моль вещества на 1 градус. Итого получится $3,125 \cdot (55,7 \cdot 20,1 + 3410 + 29,3 \cdot 183,05) = 30915$ Дж или 30,915 кДж.

5. $O_2 = O_2^+ + e$ (3); $O_2 + e = O_2^-$ (9); $O_{2(ж)} = O_{2(газ)}$ (10); $O_2 + H^+ = HO_2^+$ (12); $O_2 = 2O$ (13). Процессы 3, 10 и 13 – безусловно, идут с затратами энергии, т.е. эндотермические. Поскольку энергетические характеристики процессов 9 и 12 имеют противоположный знак, то эти процессы как раз и являются экзотермическими.

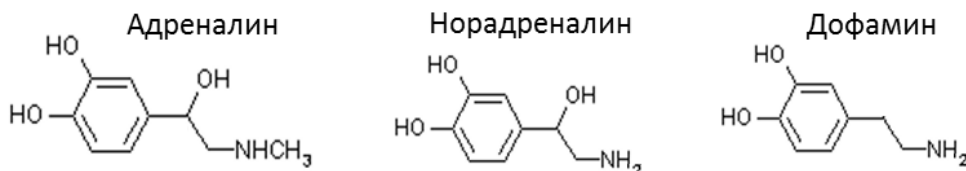
6. Допустим, соединения не являются смешанными оксидами и имеют состав M_2O_x и M_2O_y . По процентному содержанию металла составим два уравнения: $2M/(2M + 16x) = 0,83$ и $2M/(2M + 16y) = 0,71$, решив которые, получим $M = 39,1x$ и $M = 19,6y$. Единственное разумное решение получается при $x=1$ и $y=2$: $M = K$. Помимо оксида (K_2O) и пероксида (K_2O_2), с элементом кислородом калий образует еще надпероксид (KO_2) и озонид (KO_3). При сжигании калия на воздухе или в кислороде получают смеси продуктов, практически всегда содержащие надпероксид. Относительно чистый надпероксид получают нагреванием калия в избытке кислорода: $K + O_2 = KO_2$. Для получения пероксида надпероксид нагревают в вакууме при $t \sim 300^\circ C$: $2KO_2 = K_2O_2 + O_2 \uparrow$. Оксид можно получить нагреванием пероксида, либо смеси калия с надпероксидом или гидроксидом: $2K_2O_2 = 2K_2O + O_2 \uparrow$ ($500^\circ C$), $3K + KO_2 = 2K_2O$ ($700^\circ C$, р), $2K + 2KOH = 2K_2O + H_2 \uparrow$ ($450^\circ C$). Озонид обычно получают взаимодействием озона с гидроксидом калия при температуре ниже комнатной: $4KOH + 4O_3 = 4KO_3 + 2H_2O + O_2$.

Система оценивания:

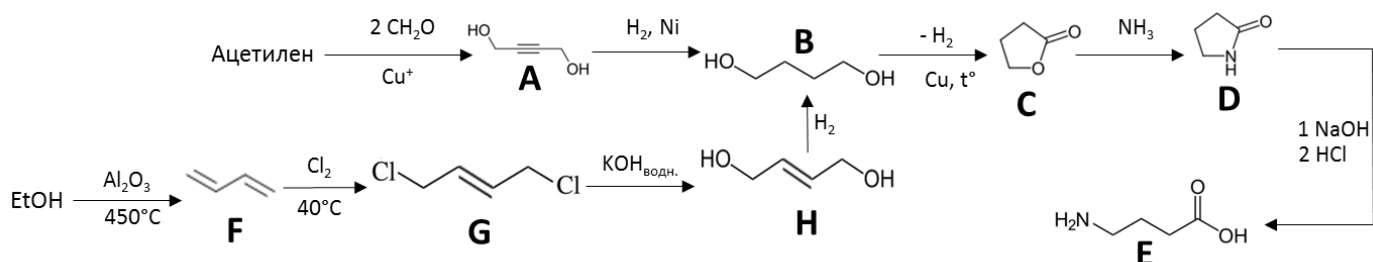
1. Кислород или O_2 1 б, подтверждение расчетом 1 б 1+1 = 2 б.
 2. Верное соответствие 0,5 б, неверное минус 0,5 б, но в целом за пункт не меньше 0 баллов
 $0,5*6+0,5*10 = 8 б.$
 3. Число молекул 2 б, массовая доля 1 б 2+1 = 3 б.
 4. Расчет количества тепла 4 б. (если не учтена теплота ф.п., то 2 б., если на всем интервале грели только жидкость или только газ, то 0 б.) 4 б.
 5. Уравнения реакций по 1 б., экзотерм. процессы по 1 б. (если выбран хотя бы один неверный ответ, то за этот подпункт 0 б.) 1*5+1*2 = 7 б.
 6. Вычисление атомной массы 2 б, металл 1 б, формулы (КО не засчитывается), названия и способы получения по 1 б
 $2+1+1*4+1*4+1*4 = 15 б.$
- Всего** 39 баллов.

Задание 4 (автор Н.М. Антонова).

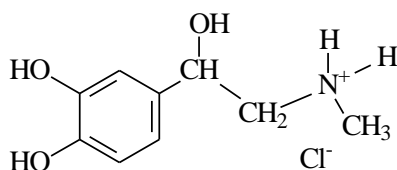
1. Структурные формулы гормонов.



2. Структурные формулы соединений А-Н.



3. Структурная формула хлорида адреналиния (формула «адреналин»*HCl не засчитывается):



Многие ароматические амины в воде растворяются плохо, поэтому в качестве лекарственных препаратов обычно используют их соли (продукты взаимодействия с кислотами), которые имеют значительно более высокую растворимость в воде.

4. Количество хлорида адреналиния в 1 мг этой соли равно $0,001/219,5 = 4,56 \cdot 10^{-6}$ моль, количество адреналина такое же. Масса адреналина составит $4,56 \cdot 10^{-6} \cdot 183 = 8,34 \cdot 10^{-4}$ г или 0,834 мг, а число его молекул $4,56 \cdot 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,75 \cdot 10^{18}$ шт.

5. Для проведения десятикратной терапии у 20 пациентов потребуется по $20 \cdot 10 \cdot 0,5 = 100$ л растворов. Масса норадреналина в каждом из растворов составит $0,004 \cdot 20 \cdot 100 = 0,8$ г, его количество $0,8/169 = 4,73 \cdot 10^{-3}$ моль. Столько же в молях потребуется и его виннокислой соли, а масса этой соли составит $4,73 \cdot 10^{-3} \cdot 337 = 1,60$ г для каждого из растворов.

Масса раствора глюкозы составит $1,0175 \cdot 100 \cdot 1000 = 101750$ г, масса глюкозы в нем $0,05 \cdot 101750 = 5087,5$ г, ее количество $5087,5/180 = 28,26$ моль.

Масса раствора хлорида натрия составит $1,0045 \cdot 100 \cdot 1000 = 100450$ г, масса хлорида натрия в нем $0,009 \cdot 100450 = 904,05$ г, его количество $904,05/180 = 15,45$ моль.

6. Через 9 минут останется 50% дофамина (по определению периода полувыведения), через 18 минут – 25%, через 36 минут – 6,25%.

Система оценивания:

1. Структурные формулы гормонов по 2 б.	$2 \cdot 3 = 6$ б.
2. Структурные формулы А-Г по 1 б.	$1 \cdot 8 = 8$ б.
3. Структурная формула и объяснение через растворимость по 1 б	$1+1 = 2$ б.
4. Масса и число молекул по 2 б. Количество и	$2+2 = 4$ б.
5. Массы и количество глюкозы, хлорида натрия и лекарства по 2 б.	$2 \cdot 6 = 12$ б.
6. Доля оставшегося дофамина	3 б.
Всего:	35 баллов