

**Задание 1.** (автор В.А. Емельянов).

1. Правильно заполненные таблицы (у 3-й таблицы два верных решения):

H	He	Li	Na	K	Rb	Be	Mg	Ca
K	Be	Ca	Mg	H	Li	He	Na	Rb
Mg	Na	Rb	Ca	He	Be	Li	K	H
He	K	Na	Rb	Li	Ca	Mg	H	Be
Ca	Mg	H	Be	Na	He	Rb	Li	K
Rb	Li	Be	K	Mg	H	Na	Ca	He
Na	Ca	He	Li	Be	K	H	Rb	Mg
Be	Rb	Mg	H	Ca	Na	K	He	Li
Li	H	K	He	Rb	Mg	Ca	Be	Na

P	Al	O	N	F	C	Si	Ne	B
Si	Ne	B	P	O	Al	C	F	N
F	N	C	Ne	B	Si	O	Al	P
B	C	F	Si	Al	P	Ne	N	O
N	P	Al	O	C	Ne	B	Si	F
Ne	O	Si	B	N	F	P	C	Al
Al	F	P	C	Si	B	N	O	Ne
O	Si	Ne	F	P	N	Al	B	C
C	B	N	Al	Ne	O	F	P	Si

Ti	Ni	Mn	Sc	Co	Cu	Cr	Fe	V
V	Cu	Co	Fe	Cr	Ti	Sc	Mn	Ni
Sc	Fe	Cr	Mn	Ni	V	Co	Cu	Ti
Cr	V	Ni	Ti	Sc	Mn	Fe	Co	Cu
Cu	Ti	Fe	Co	V	Cr	Mn	Ni	Sc
Mn	Co	Sc	Ni	Cu	Fe	V	Ti	Cr
Ni	Sc	V	Cu	Mn	Co	Ti	Cr	Fe
Fe	Mn	Cu	Cr	Ti	Sc	Ni	V	Co
Co	Cr	Ti	V	Fe	Ni	Cu	Sc	Mn

Ti	Ni	Mn	Sc	Co	Cu	Cr	Fe	V
V	Cu	Co	Fe	Cr	Ti	Sc	Mn	Ni
Sc	Fe	Cr	V	Ni	Mn	Co	Cu	Ti
Cr	V	Ni	Mn	Ti	Sc	Fe	Co	Cu
Cu	Ti	Fe	Co	V	Cr	Mn	Ni	Sc
Mn	Co	Sc	Ni	Cu	Fe	V	Ti	Cr
Ni	Sc	V	Cu	Mn	Co	Ti	Cr	Fe
Fe	Mn	Ti	Cr	Sc	Ni	Cu	V	Co
Co	Cr	Cu	Ti	Fe	V	Ni	Sc	Mn

2. Любое бинарное соединение должно содержать хотя бы один неметалл, которых в наличии всего десять: H, He, B, C, N, O, F, Ne, Si, P. Два из них (He и Ne) соединений не образуют, поэтому для образования 8 соединений необходимо использовать все 8 оставшихся неметаллов, которые находятся в 1-й и 2-й таблицах. Помимо неметаллов, эти две таблицы также содержат в сумме 8 металлов. Таким образом, мы можем составить ровно 8 бинарных соединений металл-неметалл, следя за тем, чтобы такое соединение реально существовало. Примеры:

$Li_3N$  – нитрид лития;  $Be_2C$  – карбид бериллия;  $NaH$  – гидрид натрия;  $Mg_2Si$  – силицид магния;  $KB_6$  – гексаборид калия;  $Ca_3P_2$  – фосфид кальция;  $RbF$  – фторид рубидия;  $Al_2O_3$  – оксид алюминия.

**Система оценивания:**

1. Каждая заполненная таблица по 5 б 5б\*3 = 15 б;

(символ не на месте, либо пустая клетка минус 1 б, однако за каждую таблицу не меньше 0 б)

2. Формулы соединений по 0,5 б, названия по 0,5 б (0,5б+0,5б)\*8 = 8 б;

**Всего** ..... **23 балла**

**Задание 2. (авторы Н.Н. Сапрыгина, В.А. Емельянов).**

1. Из описания (самородность, известность, стоимость, химическое поведение) следует, что металл **М** – золото (Au). Электронная конфигурация его атома в основном состоянии: [Xe]4f<sup>14</sup>5d<sup>10</sup>6s<sup>1</sup>. Его среднее содержание в воде  $4 \cdot 10^{-6} / 197 = 2 \cdot 10^{-8}$  моль/л.

2. В земной коре золота  $2,8 \cdot 10^{19} \cdot 2 \cdot 10^{-7} / 100 = 5,6 \cdot 10^{10}$  тонн. Посчитаем его массу в мировом океане. В 1 км<sup>3</sup> содержится 10<sup>9</sup> м<sup>3</sup> или 10<sup>12</sup> л. Золота в мировом океане около  $4 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{12} \cdot 1,3 \cdot 10^9 = 5,2 \cdot 10^{15}$  г или 5,2\*10<sup>9</sup> тонн. Общие запасы металла **М** на нашей планете  $5,6 \cdot 10^{10} + 0,52 \cdot 10^{10} = 6,12 \cdot 10^{10}$ , т. е. около 6\*10<sup>10</sup> или 60 млрд тонн.

Плотность в г/см<sup>3</sup> равна плотности в тонн/м<sup>3</sup>. Отсюда объем «кубика»  $V = 170000 / 19,32 \approx 8799$  м<sup>3</sup>, а длина его стороны  $a = \sqrt[3]{8799} \approx 20,6$  м.

3. Стоимость 1 г золота 214832 коп. За 1 копейку можно приобрести  $1 / 214832 = 4,66 \cdot 10^{-6}$  г или  $4,66 \cdot 10^{-6} / 197$  молей или  $6,02 \cdot 10^{23} \cdot 4,66 \cdot 10^{-6} / 197 = 1,42 \cdot 10^{16}$  атомов золота.

В 1 атоме золота 79 электронов и в среднем  $197 - 79 = 118$  нейтронов. В покупке содержалось бы  $79 \cdot 1,42 \cdot 10^{16} = 1,12 \cdot 10^{18}$  электронов и  $118 \cdot 1,42 \cdot 10^{16} = 1,68 \cdot 10^{18}$  нейтронов.

Объем покупки в мл (см<sup>3</sup>) составил бы  $4,66 \cdot 10^{-6} / 19,32 = 2,41 \cdot 10^{-7}$  мл.

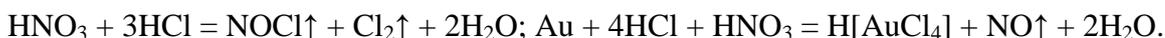
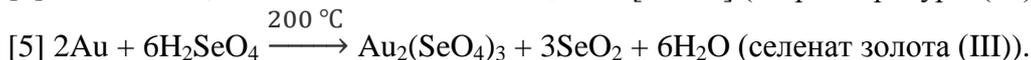
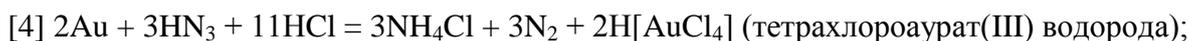
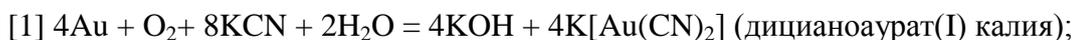
4. Упомянутая смесь кислот называется «царская водка», поскольку она растворяет «царя металлов», т.е. золото. Составим уравнение для расчета объемов. Обозначим за  $x$  количество молей азотной кислоты, которое будет содержаться во взятом нами объеме. Тогда соляной кислоты надо будет взять  $3x$  молей. Умножив эти величины на молярную массу, получим массу чистых кислот; поделив на массовые доли в выданных кислотах, получим их массы, поделив на плотность, получим их объемы. Пренебрегая изменением объема при смешивании, допустим, что сумма этих объемов составит нужный нам объем 100 мл. Итак, получаем уравнение с одним неизвестным:

$$x \cdot 63 / (0,65 \cdot 1,4) + 3x \cdot 36,5 / (0,36 \cdot 1,18) = 100, \text{ откуда } x = 0,306 \text{ моль. Теперь считаем объемы:}$$

$$\text{азотной кислоты } 0,306 \cdot 63 / (0,65 \cdot 1,4) = 21,2 \text{ мл;}$$

$$\text{соляной кислоты } 3 \cdot 0,306 \cdot 36,5 / (0,36 \cdot 1,18) = 78,9 \text{ мл.}$$

С точностью до ошибок округления получилось 100 мл смеси.

**5. Уравнения реакций:****6. Уравнения реакций:****Система оценивания:**

1. Золото 2 б, электронная конфигурация 1 б, содержание в воде 1 б 2б+1б+1б = 4 б;

2. Расчет запасов 4 б (в земной коре 1,5 б, в воде 2 б), стороны «кубика» 2 б 4б+2б = 6 б;

3. Количество атомов 2 б, нейтронов и электронов по 1 б, объем в мл 2 б 2б+1б\*2+2б = 6 б;

4. Название смеси 1 б, происхождение названия 1 б, расчет объемов 4 б 1б+1б+4б = 6 б;

5. Уравнения реакций по 1 б 1б\*2 = 2 б.

6. Уравнения реакций по 1 б, названия по 1 б 1б\*5+1б\*3 = 8 б.

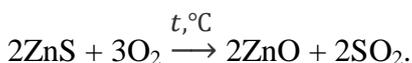
**Всего** ..... **32 балла**

### **Задание 3.** (авторы К.А. Коваленко, В.А. Емельянов).

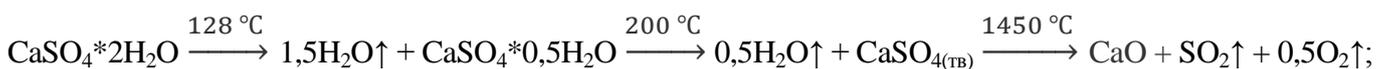
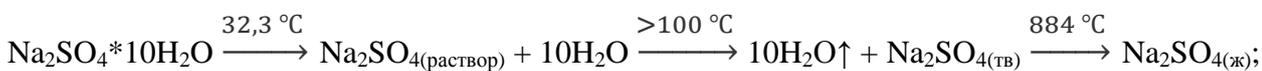
1. Наиболее известными сульфидными минералами являются пирит  $\text{FeS}_2$  (железный колчедан) и халькопирит  $\text{CuFeS}_2$  (медный колчедан). Менее известные, но также достаточно распространенные сульфидные минералы:  $\text{ZnS}$  – цинковая обманка (вюрцит (вюртцит) и сфалерит),  $\text{Cu}_2\text{S}$  – халькозин,  $\text{CuS}$  – ковеллин,  $\text{MoS}_2$  – молибденит (молибденовый блеск),  $\text{Ag}_2\text{S}$  – аргентит (серебряный блеск),  $\text{HgS}$  – киноварь,  $\text{PbS}$  – галенит (свинцовый блеск),  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  – антимонит (стибнит, сурьмяный блеск),  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  – висмутин,  $\text{Co}_3\text{S}_4$  – линнеит,  $\text{As}_2\text{S}_3$  – аурипигмент,  $\text{As}_4\text{S}_4$  ( $\text{AsS}$ ) – реальгар и др.

Не сульфидными, но содержащими серу минералами, являются природные сульфаты. Самые известные из них – это плохо растворимые в воде сульфаты кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (гипс),  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  (алебастр) и  $\text{CaSO}_4$  (ангидрит), стронция  $\text{SrSO}_4$  (целестин), бария  $\text{BaSO}_4$  (барит, тяжелый шпат), свинца  $\text{PbSO}_4$  (англезит), а также хорошо растворимые  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (мирабилит, глауберова соль) и различные купоросы состава  $\text{MSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

2. Примеры уравнений реакций обжига на воздухе сульфидных минералов:



Примеры уравнений реакций разложения сульфатных минералов при их сильном нагревании:

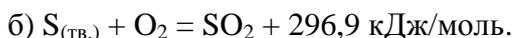


3. Уравнения реакций:  $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  [1];  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$  [2].

Суммарное уравнение реакции получения серы из сероводорода:  $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

По уравнению реакции [2] на 2 моля  $\text{H}_2\text{S}$  требуется 1 моль  $\text{SO}_2$ , который получается из 1 моля  $\text{H}_2\text{S}$  по уравнению реакции [1]. Следовательно, в расчете на полное последующее превращение в серу до сернистого газа необходимо сжигать  $1/3$  часть сероводорода, т. е.  $1/3\text{V}$ .

4. Термохимические уравнения:



Чтобы получить термохимическое уравнение суммарной реакции образования 1 моль серы из сероводорода по технологии Клауса, надо из уравнения а) вычесть уравнение б):



5. Уравнение реакции:  $\text{SO}_{2(\text{г.})} + 0,5\text{O}_{2(\text{г.})} = \text{SO}_{3(\text{г.})} + Q$  [4] или  $2\text{SO}_{2(\text{г.})} + \text{O}_{2(\text{г.})} = 2\text{SO}_{3(\text{г.})} + Q'$  [4].

Тепловой эффект этой реакции легко считается, если Вы знаете теплоты образования  $\text{SO}_3$  и  $\text{SO}_2$ . Теплота образования  $\text{SO}_2$  равна теплоте сгорания серы (см. термохимическое уравнение б) п. 4), следовательно,  $Q = Q_{\text{обр.}}(\text{SO}_3) - Q_{\text{обр.}}(\text{SO}_2) = 396 - 296,9 = 99,1 \text{ кДж/моль}$ .  $Q' = 2 \cdot 99,1 = 198,2 \text{ кДж/моль}$ .

Это экзотермическая реакция, протекающая с уменьшением количества газообразных веществ. В соответствии с принципом Ле Шателье, выход  $\text{SO}_3$  будут увеличивать следующие факторы: понижение температуры, увеличение давления, удаление  $\text{SO}_3$  из реакционной смеси, увеличение концентраций  $\text{SO}_2$  и  $\text{O}_2$ .

6. Уравнение реакции:  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$  [4].

Количество производимой ежедневно кислоты  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 500 \cdot 10^6 \text{ г} / 98 \text{ г/моль} \approx 5,1 \cdot 10^6 \text{ моль}$ , тогда количество выделяющейся энергии (тепла)  $Q = 5,1 \cdot 10^6 \text{ моль} \cdot 130 \text{ кДж/моль} = 6,63 \cdot 10^8 \text{ кДж}$ .

7. Количество тепла, преобразующегося в электрическую энергию, составляет  $6,63 \cdot 10^8 \cdot 0,75 \cdot 0,3 = 1,49 \cdot 10^8 \text{ кДж}$ .  $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$ ,  $1 \text{ кДж} = 1 \text{ кВт} \cdot \text{с} = 1/3600 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ . Количество производимой электрической энергии:  $E_{\text{эл.}} = 1,49 \cdot 10^8 / 3600 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \approx 4,14 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 41,4 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$ .

Количество тепла, расходуемого на теплоснабжение, составляет  $6,63 \cdot 10^8 \cdot 0,25 = 1,66 \cdot 10^8 \text{ кДж}$  или  $1,66 \cdot 10^8 / 3600 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \approx 4,60 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ .

Тогда завод может отапливать зимой  $4,60 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / (150 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{домик}) = 307 \text{ домиков}^*$ .

\*Если посчитать, что завод запасает электроэнергию весь год, а домики отапливаются только зимой, то их количество вырастет обратно пропорционально доле зимних месяцев в году.

8. При образовании 1 моль ( $98 \text{ г} = 0,098 \text{ кг}$ )  $\text{H}_2\text{SO}_4$  выделится  $130 \text{ кДж}$  теплоты, которая израсходуется на нагрев этой кислоты. Тогда из формулы  $Q = C \cdot m \cdot \Delta t$  найдем  $\Delta t$ :  $\Delta t = Q / (C \cdot m) = 130 / (2,5 \cdot 0,098) \approx 531 \text{ К}$ . Поскольку изменение температуры на  $1 \text{ К}$  соответствует ее изменению на  $1^\circ\text{C}$ , конечная температура жидкой кислоты составила бы  $25 + 531 = 556^\circ\text{C}$ . Отметим, что температура кипения 100% серной кислоты значительно меньше ( $296,2^\circ\text{C}$ ).

9. Количество серного ангидрида, ежедневно производимое на нашем среднем заводе, совпадает с количеством  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и составляет  $n(\text{SO}_3) \approx 5,1 \cdot 10^6 \text{ моль}$  (см. п. 5). Тогда масса серного ангидрида  $m(\text{SO}_3) = 80 \cdot 5,1 \cdot 10^6 \text{ г} = 408 \text{ т}$ .

В  $1 \text{ т}$  90% серной кислоты содержится  $0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ кг}$  или  $100 \cdot 10^3 / 18 = 5,56 \cdot 10^3 \text{ моль}$  воды. Эта вода прореагирует с  $5,56 \cdot 10^3 \text{ моль}$  или  $5,56 \cdot 10^3 \cdot 80 = 444 \cdot 10^3 \text{ г} = 444 \text{ кг}$   $\text{SO}_3$  с образованием 100% серной кислоты, общая масса которой в итоге составит  $1000 + 444 = 1444 \text{ кг}$ . В олеуме, который нам требуется получить, массовая доля этой 100% кислоты составляет  $100 - 20 = 80\%$ . Следовательно, общая масса 20% олеума, полученного из  $1 \text{ т}$  90% серной кислоты, будет составлять  $1444 / 0,8 = 1805 \text{ кг}$  или  $1,805 \text{ т}$ . То есть, на каждые  $1,805 - 1 = 0,805 \text{ т}$   $\text{SO}_3$  требуется  $1 \text{ т}$  90%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Таким образом, чтобы полностью поглотить  $408 \text{ т}$  ангидрида с образованием 20% олеума, потребуется  $408 / 0,805 \approx 507 \text{ т}$  90% серной кислоты.

10. Итак,  $5,56 \cdot 10^3 \text{ моль}$  воды, содержащиеся в  $1 \text{ т}$  90% кислоты, реагируют с  $444 \text{ кг}$   $\text{SO}_3$  с образованием  $5,56 \cdot 10^3 \text{ моль}$  100 % серной кислоты. Количество тепла, выделяющееся в этом процессе, составит  $5,56 \cdot 10^3 \cdot 130 = 722,8 \cdot 10^3 \text{ кДж}$ . Нагреваться будет вся кислота общей массой  $1444 \text{ кг}$ , следовательно, изменение температуры составит  $\Delta t = Q / (C \cdot m) = 722,8 \cdot 10^3 / (1,5 \cdot 1444) \approx 334 \text{ К}$ . То есть, в момент образования 100% кислоты ее температура может составить  $25 + 334 = 359^\circ\text{C}$ . (На самом деле это тоже выше температуры кипения 100% серной кислоты, поэтому для поглощения обычно используют более крепкую кислоту, либо ставят дополнительные теплообменники).

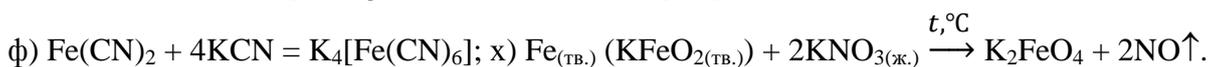
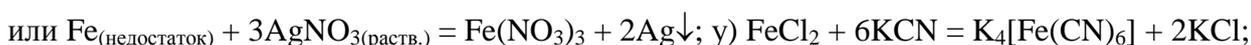
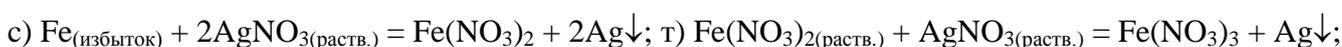
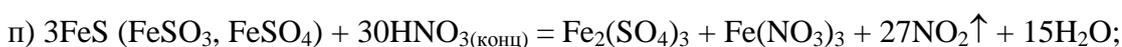
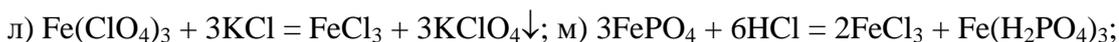
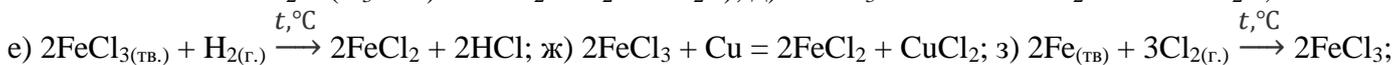
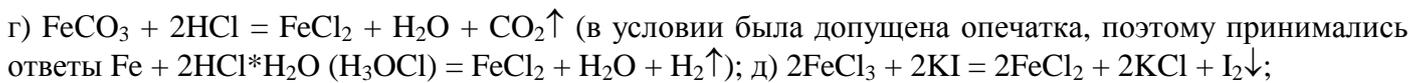
В  $1 \text{ т}$  20% олеума содержится  $0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ кг}$  или  $200 \cdot 10^3 / 80 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ моль}$   $\text{SO}_3$ . Этот серный ангидрид прореагирует с  $2,5 \cdot 10^3 \text{ моль}$  или  $2,5 \cdot 10^3 \cdot 18 = 45 \cdot 10^3 \text{ г} = 45 \text{ кг}$  воды с образованием 100% серной кислоты, общая масса которой в итоге составит  $1000 + 44 = 1045 \text{ кг}$ . Количество тепла, выделяющееся в этом процессе, составит  $2,5 \cdot 10^3 \cdot 130 = 325 \cdot 10^3 \text{ кДж}$ . Нагреваться будет вся кислота общей массой  $1045 \text{ кг}$ , следовательно, изменение температуры составит  $\Delta t = Q / (C \cdot m) = 325 \cdot 10^3 / (1,5 \cdot 1045) \approx 207 \text{ К}$ . То есть, в момент образования 100% кислоты из 20% олеума ее температура может составить  $25 + 207 = 232^\circ\text{C}$ .

#### **Система оценивания:**

1. Названия минералов по 0,5 б, формулы по 0,5 б  $(0,5б + 0,5б) \cdot 4 = 4 \text{ б}$ ;
2. Уравнения реакций обжига и разложения (можно суммарно, но до конца) по 1 б  $1б \cdot 4 = 4 \text{ б}$ ;  
(Если только дегидратация для сульфатов не щелочных металлов, то 0,5 б)
3. Уравнения реакций [1, 2] и общее по 1 б, сжигаемая доля 1 б  $1б \cdot 3 + 1б = 4 \text{ б}$ ;
4. Термохимические уравнения по 1 б, тепловой эффект 2 б  $1б \cdot 2 + 2б = 4 \text{ б}$ ;
5. Уравнение реакции [3] 1 б, тепловой эффект 1,5 б, 3 фактора по 0,5 б  $1б + 1,5б + 0,5б \cdot 3 = 4 \text{ б}$ ;
6. Уравнения реакции [4] 1 б, расчет тепла 2 б  $1б + 2б = 3 \text{ б}$ ;
7. Количество электроэнергии 2 б, количество домиков 2 б  $2б + 2б = 4 \text{ б}$ ;
8. Расчет температуры 2 б  $2 \text{ б}$ ;
9. Расчет массы 90% кислоты 4 б  $4 \text{ б}$ ;

**Задание 4. (автор В.А. Емельянов).**

1. Уравнения реакций (если не указано иное, то реакция проводится в водном растворе):



2. Названия соединений:

$\text{FeCl}_2$  – хлорид железа(II) или дихлорид железа или хлористое железо;

$\text{FeCl}_3$  – хлорид железа(III), трихлорид железа, хлорное железо;

$\text{FeO}$  – оксид железа(II), закись железа;

$\text{FeCO}_3$  – карбонат железа(II), углекислое железо закисное;

$\text{FeS}$  – сульфид железа(II), сернистое железо;

$\text{FeS}_2$  – дисульфид железа(II), пирит, двусернистое железо;

$\text{K}_2\text{FeO}_4$  – феррат калия, железнокислый калий;

$\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$  – перхлорат железа(III), хлорнокислое железо окисное;

$\text{FePO}_4$  – ортофосфат железа(III), ортофосфорнокислое железо окисное;

$\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$  – дигидрофосфат железа(III), кислое фосфорнокислое железо окисное однозамещенное;

$\text{Fe}(\text{BrO}_3)_3$  – бромат железа(III), бромноватокислое железо окисное;

$\text{Fe}(\text{OH})_3$  – гидроксид железа(III), тригидроксид железа, гидроокись железа;

$\text{Fe}(\text{OH})_2$  – гидроксид железа(II), дигидроксид железа, гидрат закиси железа;

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  – сульфат железа(III), сернокислое железо окисное;

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$  – нитрат железа(II), азотнокислое железо закисное;

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  – нитрат железа(III), азотнокислое железо окисное;

$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  – гексацианоферрат(II) калия, железистосинеродистый калий;

$\text{Fe}(\text{CN})_2$  – цианид железа(II), цианистое железо.

**Система оценивания:**

1. Полные уравнения реакций с коэффициентами по 1 б

16\*21 = 21 б;

2. Названия соединений по 0,5 б за вещество

0,56\*18 = 9 б;

Всего ..... 30 баллов

### **Задание 5.** (авторы М.А. Ильин, В.А. Емельянов).

1. Реакция Вюрца – взаимодействие алкилгалогенидов (хлоридов, бромидов или иодидов) с металлическим натрием (или амальгамой натрия), приводящее к образованию алканов.

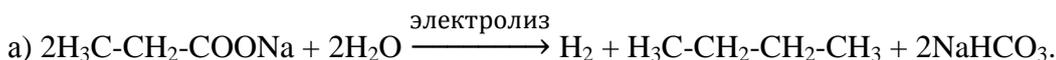
а) Для получения *n*-бутана необходим этилгалогенид:  $2C_2H_5X + 2Na \rightarrow H_3C-(CH_2)_2-CH_3$  ( $X = Cl, Br, I$ );

б) Для получения *n*-пентана можно использовать: 1) смесь метилгалогенид + *n*-бутилгалогенид;

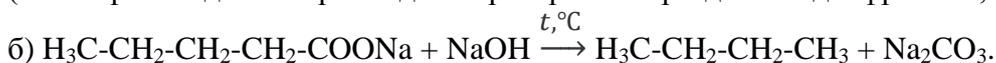
2) смесь этилгалогенид + *n*-пропилгалогенид.

Однако не стоит забывать, что при применении смеси алкилгалогенидов, помимо перекрестного сдвигания углеводородных остатков, образуются алканы, содержащие удвоенный углеводородный остаток от каждого алкилгалогенида. Т.е., в нашем случае, помимо желаемого *n*-пентана, получается также этан и *n*-октан (в случае 1-ой смеси) или *n*-бутан и *n*-гексан (в случае 2-ой смеси).

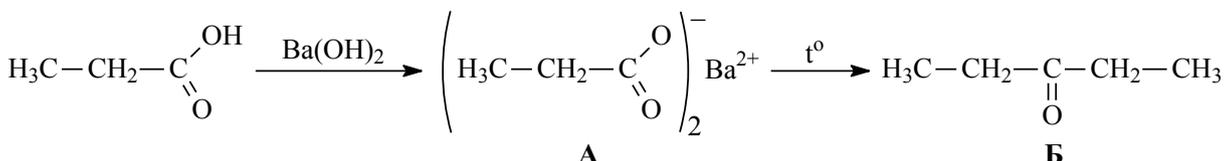
2. Необходимо вспомнить еще два способа синтеза алканов – синтеза Кольбе (электролиз водных растворов солей карбоновых кислот) и Дюма (декарбоксилирование солей карбоновых кислот):



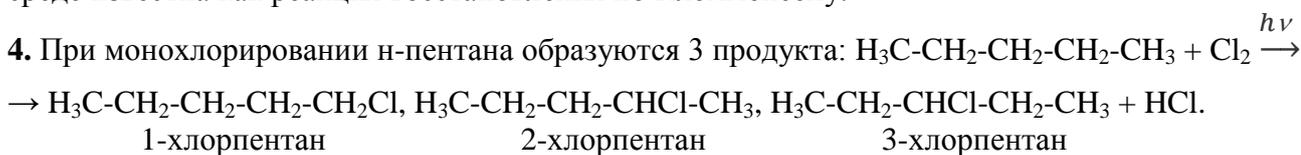
(Если прикатодное и прианодное пространства разделены диафрагмой, то  $2CO_2 + 2NaOH$ ).



3. Структурные формулы продуктов А и Б:



Реакция восстановления кетонов (пентанона-3) до алканов действием амальгамы цинка в кислой среде известна как реакция восстановления по Клемменсену.



Соотношение продуктов в реакции монохлорирования пропорционально константам скоростей разрыва связей углерод-водород при третичном, вторичном и первичном атомах углерода и количеству атомов водорода при этих атомах углерода. Третичных атомов углерода в молекуле *n*-пентана нет. Вторичных атомов углерода три, причем замещение одного атома водорода при двух из них дает 2-хлорпентан, а при третьем – 3-хлорпентан. Соответственно, число атомов водорода для первого случая равно 4, для второго 2. Первичных атомов углерода два, замещение одного атома водорода при любом из них дает 1-хлорпентан. Количество таких атомов водорода равно 6.

Значит, соотношение продуктов в реакции монохлорирования *n*-пентана будет равно 1-хлорпентан : 2-хлорпентан : 3-хлорпентан =  $6 \times 1 : 4 \times 3 : 2 \times 3 = 1 : 2 : 1$ .

5. Колба Вюрца (круглодонная колба с отводной трубкой).



С помощью приведенной установки получают  $SOCl_2$ , традиционное название которого хлорид тионила. Согласно требованиям IUPAC более правильно записывать формулу этого соединения как  $SCl_2O$  и называть оксид-дихлорид серы.

7. Промывные склянки с  $H_2SO_{4(\text{конц.})}$  нужны для тщательной осушки сернистого газа. Как сам пентахлорид фосфора, так и хлорид тионила водой гидролизуются:  $PCl_5 + H_2O = POCl_3 + 2HCl$  (возможно и дальше, но это уже если воды много:  $POCl_3 + 2H_2O = HPO_3 + 3HCl$ );  $SOCl_2 + H_2O = SO_2 + 2HCl$ .

**Система оценивания:**

1. На 1 б, алкилгалогениды по 1 б, пояснение выхода 1 б, побочные продукты по 1 б	$1б+1б*2+1б+1б*2 = 6 б;$
2. Уравнения реакций по 1 б, фамилии по 1 б	$1б*2+1б*2 = 4 б;$
3. Структурные формулы <b>A</b> и <b>B</b> по 1 б, фамилия 1 б	$1б*2+1б = 3 б;$
4. Расчет соотношения продуктов 3 б	3 б;
5. Колба Вюрца 1 б	1 б;
6. Уравнения реакций по 1 б, формула и название продукта по 1 б	$1б*2+1б+1б = 4 б;$
7. Осушка 1 б, уравнения реакций по 1 б	$1б+1б*2 = 3 б;$
<b>Всего</b> .....	<b>24 балла</b>