

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА  
ШКОЛЬНИКОВ**

**Четвертый (зональный) этап**

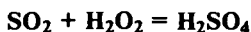
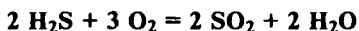
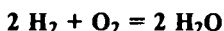
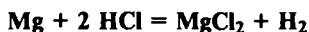
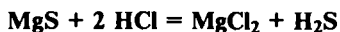
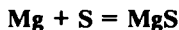
**РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА**

***Вологда, Воронеж, Ижевск, Омск***

**22-27 марта 1996 г.**

## 9.1. Автор — Сибиркин А.А.

## а) Уравнения реакций:

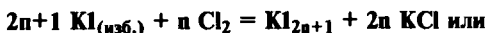


- б) Рассчитаем состав смеси. В состав газообразного продукта могут входить водород и сероводород. Средняя относительная молекулярная масса смеси  $M = 0,90 \cdot 29 = 26,1$  (т.е. в смеси есть оба газа). Пусть в 1 моль смеси  $x$  моль  $\text{H}_2$  и  $(1-x)$  моль  $\text{H}_2\text{S}$ . Тогда  $2x + (1-x)34 = 26,1$ . Решая уравнение, находим  $x = 0,25$  моль, значит, сероводорода 0,75 моль (соотношение 1:3, такое же молярное соотношение  $\text{Mg}:\text{MgS}$ ). Следовательно, в исходной смеси на 4 моль магния было 3 моль серы, т.е. на 96 г магния — 96 г серы.  
 $w(\text{Mg}) = 50\%$ ,  $w(\text{S}) = 50\%$ .

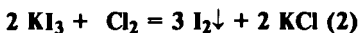
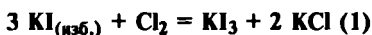
- в) При сгорании 3,0 л газовой смеси (0,75 л или 0,033 моль водорода и 2,25 л или 0,1 моль сероводорода) образовалось 0,133 моль воды и 0,1 моль  $\text{SO}_2$ . Пероксида водорода в растворе содержится 5 г или 0,147 моль, т.е. пероксид водорода в избытке. Поэтому серной кислоты образуется 0,1 моль или 9,8 г. Масса полученного раствора равна  $100 + 0,133 \cdot 18 + 0,1 \cdot 64 = 109$  г. Массовая доля серной кислоты в растворе  $9,8 / 103 = 0,090$  или 9,0%.
- г) Отсутствие побочных реакций сгорания магния и серы на воздухе, отсутствие испарения серы и т.п.

## 9.2. Автор — Жиров А.И.

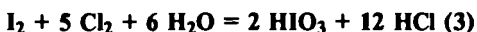
1) Цветовым переходам 1-4 соответствуют уравнения реакций:



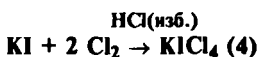
кор.



сер.-фиолет.

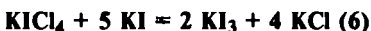


бесцв.



желт.

- б) Уравнения реакций, соответствующие образованию коричневой окраски при повторном добавлении иодида калия:



- в) В соответствии с уравнениями 5-6, т.к. коэффициенты при KI в уравнениях 5 и 6 больше, чем в уравнении 1.

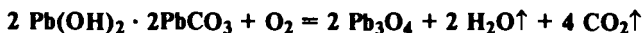
### 9.3. Автор — Медведев Ю.Н.

- а) Свинцовые белила — основной карбонат свинца  $\text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{PbCO}_3$ .  
Сурик — смешанный оксид свинца (II,IV):  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  или  $2\text{PbO} \cdot \text{PbO}_2$ .

- б) Брожение дрожжей сопровождается выделением углекислого газа. В присутствии кислорода происходит окисление свинца и образование основного карбоната. Уравнение реакции:



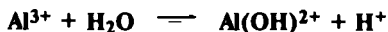
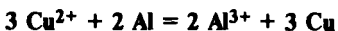
При кальцинации (прокаливании):



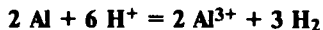
- в) Например, железный сурик  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

### 9.4. Автор — Жилин Д.М.

Неизвестное вещество — медь. Алюминий восстанавливает медь (красно-коричневое вещество) из раствора:



При этом оксидная пленка на поверхности алюминия разрушается и за счет реакции алюминия с водой (в кислой среде) выделяется водород:



Было введено  $5.4/27 = 0.2$  (моль) алюминия. Из них  $2.7/22.4 \cdot (2/3) = 0.08$  (моль) пошло на выделение водорода. Остаток (0.12) моль пошел на восстановление  $\text{Cu}^{2+}$ . При этом выделилось  $0.12 \cdot 3/2 = 0.18$  (моль) или 11.5 г меди.

В растворе присутствовало  $200 \cdot 25/100 = 50$  (г)  $\text{SnCl}_2$ , что соответствует 0,37 моль меди, т.е. медь в избытке.

Происхождение названия меди Sn — от сиргит, латинского названия острова Кипр.

#### 9.5. Автор — Медведев Ю.Н.

- а)  $\text{Na}_x\text{Mg}_y\text{O}_z\text{H}_n\text{X}_m$  и  $(X) = 19.16\%$ , степень окисления X обозначим а, тогда условие электронейтральности:

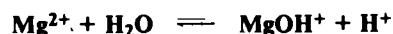
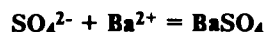
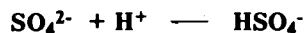
$13.77/23 + 7.18 \cdot 2/24 - 57.48 \cdot 2/16 + 2.39/1 + 19.16 \cdot a/A = 0$  (где А — относительная атомная масса неизвестного элемента), откуда  $a/A = -0.19$ . Т.к.  $A > 0$ , то и  $a > 0$  (положительная степень окисления).

а	1	2	3	4	5	6	7
А	5.3	10.6	15.9	21.2	26.5	32.0	37.1
X	—	B?	O?	—	Al?	S!!!	—

- б) Брутто-формула  $x:y:z:n:m = 0.599:0.299:3.59:2.39:0.599 = 2:1:12:8:2$ , т.е.  $\text{Na}_2\text{MgO}_{12}\text{H}_8\text{S}_2$ . Естественно предположить, что это  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  — типичная двойная соль.

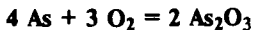
- в) В воде растворяется, т.к. растворимы оба компонента соли.

- г) Например, реакции (приведены в ионном виде):

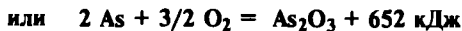
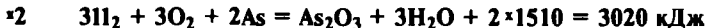
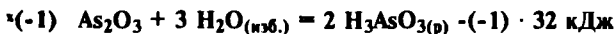
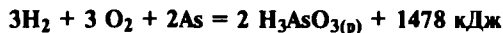
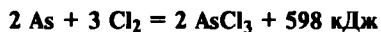
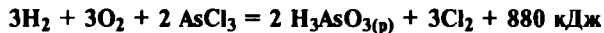
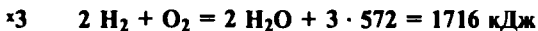
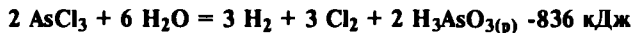
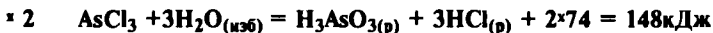
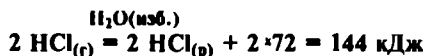


## 9.6. Автор — Сибиркин А.А.

Необходимо рассчитать тепловой эффект реакции:



С этой целью проведем линейную комбинацию уравнений реакций 1-6 умножая уравнения на указанные слева коэффициенты и складывая их попарно (при этом тепловой эффект можно рассчитывать как в общем виде, так и на каждой стадии комбинации уравнений)



## ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

## 10.1. Автор — И.А.Леенсон.

1. В пробирке идет следующая химическая реакция:



Как видно, реакция не сопровождается увеличением объема газа, поэтому вылет пробки из пробирки можно объяснить только разогревом газовой смеси, обусловленным экзотермичностью этой реакции.

2. Пусть в исходной смеси было в сумме  $\lambda$  молей водорода и хлора и реакция прошла на глубину  $\alpha$ , т.е. прореагировало  $\alpha\lambda/2$  молей водорода и столько же молей хлора; одновременно образовалось  $\alpha\lambda$  молей хлороводорода. При этом выделилось  $\alpha\lambda Q$  кДж теплоты, которая пошла на нагрев газовой смеси на температуру  $\Delta T$ .

Учитывая, что общее число молей в смеси в ходе реакции не меняется, составляем уравнение теплового баланса:  $\alpha\lambda Q = c\lambda\Delta T$ , откуда  $\Delta T = \alpha Q/c$ . (Потери тепла на нагрев пробирки и на теплообмен = 0)

Для идеального газа повышение давления связано с повышением температуры соотношением  $P_2/P_1 = T_2/T_1$ , в нашем случае

$$1,1P/P = (T + \Delta T)/T, \text{ откуда } \Delta T = 0,1T.$$

Подставляя в полученную выше формулу, получаем  $\alpha Q/c = 0,1T$ , откуда  $\alpha = 0,1cT/Q = 0,1 \cdot 30 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 293 \text{ К}/92000 \text{ Дж}/\text{моль} = 9,55 \cdot 10^{-3}$  или около 1%.

## 10.2. Автор — Д.М.Жилин.

1. Кислотно-основные буферные растворы зачастую содержат: смесь слабой кислоты и ее соли (такие растворы имеют, как правило, кислую реакцию среды ( $\text{pH} < 7$ ); смесь слабого основания и его соли (в этом случае реакция среды — щелочная ( $\text{pH} > 7$ )).

Действие буферных растворов основано на том, что отдельные компоненты буферных смесей связывают ионы водорода или

гидроксидов, вводимых в них кислот или оснований с образованием слабых электролитов. Например, если к буферному раствору, содержащему слабую кислоту  $\text{HAp}$  и соль этой кислоты  $\text{KtAp}$ , прибавить сильное основание, то произойдет образование слабого электролита — воды:

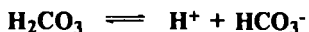


Вместо израсходованных ионов водорода, вследствие последующей диссоциации кислоты  $\text{HAp}$ , появляются новые ионы водорода. В результате pH среды не изменится.

Если к указанной буферной смеси прибавить сильную кислоту, то произойдет реакция  $\text{H}^+ + \text{Ap}^- = \text{HAp}$ . Таким образом,  $\text{Ap}^-$ -ионы, образующиеся при электролитической диссоциации соли  $\text{KtAp}$ , соединяясь с ионами водорода прибавленной кислоты, образуют молекулы слабой кислоты. В результате концентрация ионов водорода в растворе также практически не изменится.

(См. А.П.Крешков. Основы аналитической химии. Т 1. М.: Химия, 1970 г. с. 47)

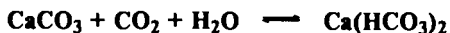
2. Самые распространенные в природе вещества, способные создать в природной воде буферный раствор, — смесь угольной кислоты и гидрокарбонатов:



Угольная кислота образуется при растворении углекислого газа в воде:



Гидрокарбонаты обычно образуются при растворении известняков:

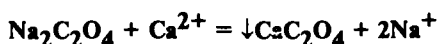


Обнаружить гидрокарбонат можно добавив к воде сначала раствор  $\text{BaCl}_2$ , а потом —  $\text{NH}_4\text{OH}$ :



Если перед добавлением раствора аммиака осадка не будет, а после — будет, значит в растворе содержится гидрокарбонат. Если гидрокарбонат маскируется сульфатом, осадок сульфата бария перед добавлением аммиака можно отфильтровать.

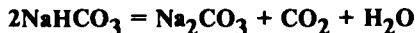
Кальций же обнаруживается по выпадению осадка с оксалатом натрия:



Можно также прокипятить воду. Если pH в ней уменьшится, значит, скорее всего, он создавался гидрокарбонатом кальция:



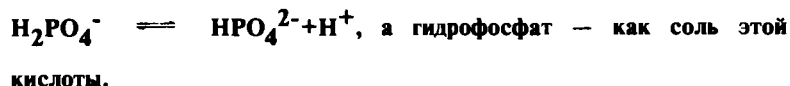
Если же pH увеличится, значит в растворе присутствовал гидрокарбонат натрия:



Кальций также можно оттитровать раствором этилендиаминтетраацетата натрия (ЭДТА) при pH 13 в присутствии мурексида и сульфида натрия.

3. Буферный раствор может образоваться также в результате присутствия гидро- и дигидрофосфатов, попадающих в водоемы в половодье с сельскохозяйственных полей, куда они вносятся в качестве удобрений.

Дигидрофосфат-ионы можно рассматривать как слабую кислоту



Фосфаты можно обнаружить, добавив к воде раствор молибдата аммония в серной кислоте и подходящий восстановитель. В присутствии фосфатов образуются фосфорномолибденовые(V) комплексы, окрашенные в синий цвет.



4. Буферная система может также создаваться кальциевыми или натриевыми солями гумусовых кислот — природных полифункциональных органических соединений коричневого цвета (продуктов разложения органики). Эти кислоты имеют константу диссоциации примерно как у уксусной кислоты, поэтому их соли легко гидролизуются:

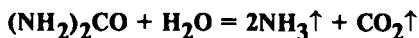


Если вода имеет коричневатый цвет и в ней обнаруживается кальций, но не обнаруживаются гидрокарбонаты и фосфаты, то, видимо, дело в гумусовых кислотах.

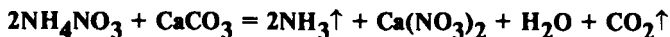
5. Образование буферных растворов возможно благодаря присутствию в водоеме аммиака и солей аммония:



Аммиак может образовываться при разложении мочевины:



или при внесении аммиачных удобрений на известковую почву:

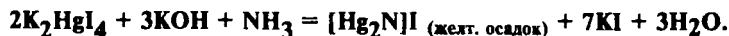


По первому пути аммиак образуется только в сильнозагрязненных водоемах.

Соли аммония могут либо смываться с полей, либо образовываться из аммиака в кислых почвах.

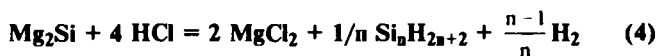
Аммиак можно обнаружить с помощью индикаторной бумаги (если в воду с растворенным в ней аммиаком и солями аммония прилить раствор щелочи, то влажная универсальная индикаторная бумага, удерживаемая над полученным раствором, изменит свой цвет).

Наличие в растворе аммиака и солей аммония можно обнаружить с помощью реактива Несслера:



## 10.3. Авторы — Э.Г.Злотников и М.Ю.Скрипкин.

Возможно протекание следующих химических реакций:



- Газ вообще выделяться не будет, если в смеси отсутствует магний. Это и есть минимальный объем газообразных продуктов ( $V_r \rightarrow 0$ ).
- Максимальный объем выделившегося газа (с минимальной плотностью) будет в другом предельном случае, когда смесь состоит только из магния (см. уравнение 3).

$$V_r = \frac{20 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л / моль}}{24,3 \text{ г / моль}} = 18,4 \text{ л.}$$

В этом случае плотность по азоту равна  $2/28 = 0,08$ .

- Максимальная плотность газов будет достигнута при образовании силанов  $\text{SiH}_4$ ;  $\text{Si}_2\text{H}_6$  и др. Средняя молярная масса газовой смеси при этом не зависит от состава смеси силанов и составляет

$$M = \frac{1}{n} (28n + 2n + 2) + \frac{2(n-1)}{n} = 32 \text{ г/моль}$$

При этом плотность по азоту равна  $32/28 = 1,14$

Таким образом, объем газа может быть в пределах 0 - 18,4л;  
относительная плотность газа — 0,08 - 1,14.

## 10.4. Автор — А.Горбатенко.

- По результатам элементного анализа раствора соли F можно сделать следующие расчеты. Раствор имеет формулу  $\text{Cu}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{Э}_k$ .

$$\text{X:Y:Z:K} = 1,22/64 = 10,77/1 = 87,4/16 = 0,61/\text{A}_r(\text{Э}) =$$

$$1:566:287:32/\text{A}_r(\text{Э})$$



Обозначим степень окисления Э буквой п. Из вышеприведенной формулы следует, что  $2 \cdot 8 + k \cdot n = 0$ ;  $k \cdot n = 6$ ;  $k = 6/n$ . При значениях  $n = 1, 2, 3, 6$  соответственно  $k = 6, 3, 2, 1$ . Тогда F можно приписать следующие химические формулы:  $\text{CuЭ}_6\text{O}_4$ ;  $\text{CuЭ}_3\text{O}_4$ ;  $\text{CuЭ}_2\text{O}_4$ ;  $\text{CuЭO}_4$ . Из формулы  $32/A_r(\text{Э}) = k$  следует, что  $k = 1$ ;  $A_r(\text{Э}) = 32$ ; Э — сера (другие значения не подходят). Из этого следует: F —  $\text{CuSO}_4$ ; E —  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; D —  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ; C — S; B —  $\text{SO}_2$ ; A —  $\text{H}_2\text{S}$ .

В соответствии с приведенной в условии задачи схемой можно написать следующие уравнения реакций:

1.  $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (горение)
2.  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$  (в присутствии паров воды)
3.  $3\text{S} + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{S}_3$  (спекание)
4.  $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$  (горение)
5.  $2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{SO}_4$  (катализатор,  $t^\circ$ , p)
6.  $\text{Al}_2\text{S}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{S}$
7.  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$   
(нагревание,  
концентрированная кислота)

3. Кристаллический осадок представляет собой медный купорос —  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (выпал из раствора). Рассчитаем массовую долю сульфата меди в растворе.
- А. По данным элементного анализа на 1 моль сульфата меди приходится 283 моль воды (см. п.1 решения).

$$\omega = \frac{160 \cdot 100\%}{18 \cdot 283 + 160} = 3,04\%$$

- Б. Массовую долю сульфата меди в растворе можно рассчитать по-другому. Масса раствора равна  $m_{(\text{р-ра})} = 100 \text{ г} + 5,0 \text{ г} = 105 \text{ г}$ .  
Масса сульфата меди в растворе будет равна:

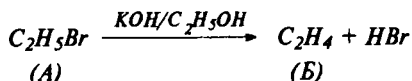
$$m(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{5,0\text{г} \cdot 160\text{г/моль}}{250\text{г/моль}} = 3,2$$

$$\omega(\text{CuSO}_4) = 3,2 \text{ г} \cdot 100\% : 105 \text{ г} = 3,04\%.$$

В. Не корректно проводить расчеты, не учитывая содержания кристаллизационной воды в 5 г медного купороса.

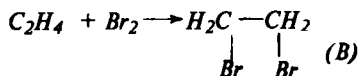
10.5. Автор — З.Д.Белых.

В условии задачи описаны следующие превращения.

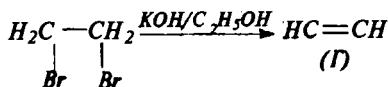


А — бромэтан;

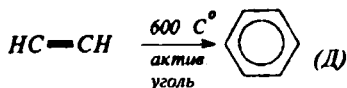
Б — этен



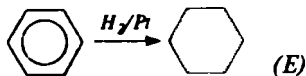
1,2-дибромэтан



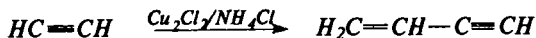
этин (ацетилен)



бензол



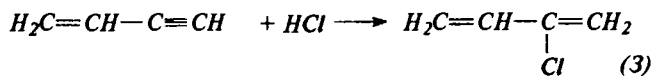
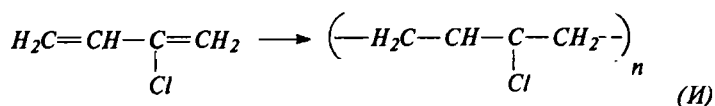
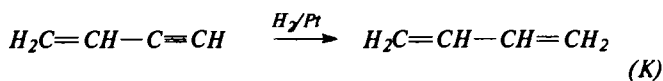
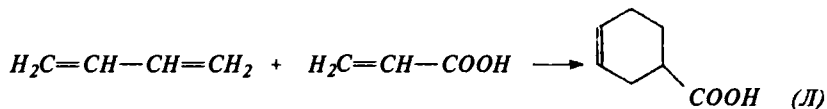
циклогексан



(Ж)

1-бутен-3-ин

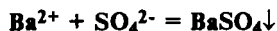
(винилацетилен)

**2-хлорбутадиен-1,3****(хлоропрен)****хлоропреновый каучук****бутадиен-1,3.****3-циклогексен-1-карбоновая кислота**

## ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

## 11.1. Автор — С.С.Чуранов

Образование белого осадка при действии соли бария в кислой среде указывает на наличие сульфат-ионов



$M(\text{BaSO}_4) = 233$ , и было получено  $n_1 \approx 1,24/233 = 0,00532$  моль

$\text{BaSO}_4$ , т.е в растворе содержалось 0.00532 моль ионов сульфата.

На нейтрализацию раствора израсходовано

$$n_2 = 0,0123 \cdot 0,867 = 0,01066 \text{ моль KOH,}$$



что соответствует наличию в растворе 0,01066 моль  $\text{H}^+$ . Соотношение между количеством ионов  $\text{H}^+$  и ионов  $\text{SO}_4^{2-}$   $n_2/n_1 = 0,01066/0,00532 = 2:1$  показывает, что в растворе содержится 0,00532 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $M=98$ ) или  $98 \cdot 0,00532 = 0,521 \text{ г } \text{H}_2\text{SO}_4$ . Поскольку серная кислота в растворе оказалась при внесении твердого белого вещества в воду, этим веществом мог быть олеум с концентрацией, соответствующей его кристаллическому состоянию (только в этом случае масса белого вещества 0,500 г может оказаться меньше массы образовавшейся кислоты 0,521 г)



При реакции 1 моль  $\text{SO}_3$  ( $M=80$ ) образуется 1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $M=98$ ).

Если исходный образец олеума содержал  $x$  г  $\text{SO}_3$  и  $y$  г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , то из  $x$  г  $\text{SO}_3$  будет получено  $98x/80$  г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Из алгебраической системы уравнений

$$x + y = 0,500$$

$$98x/80 + y = 0,521$$

находим  $x = 0,0933$ .

Следовательно, в 0,500 г олеума содержалось 0,0933 г  $\text{SO}_3$  и 0,407 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (18,7% или  $\approx 19\%$ -ный олеум при обычных условиях представляет собой твердое вещество).

Общая масса раствора после реакции олеума с водой равна  $0,500 + 15,0 = 15,5$  г и массовая доля серной кислоты в этом растворе составляет

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,521/15,5 = 0,0336 \text{ или } 3,4\%$$

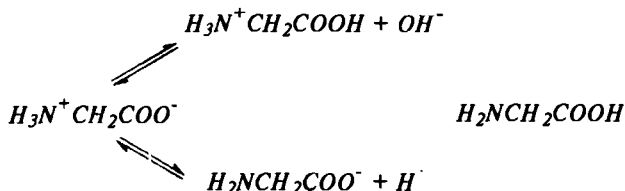
Ответ:

- а) Олеум
- б)  $\approx 19\%$ -ный олеум
- в)  $\approx 3,4\%$   $\text{H}_2\text{SO}_4$

#### 11.2. Автор — С.С.Чуранов

Строение аминокислотной кислоты не соответствует формуле  $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ , так как в ней одновременно имеется кислотная ( $-\text{COOH}$ ,  $K^a \approx 10^{-5}$ ) и основная ( $-\text{NH}_2$ ,  $K^b \approx 10^{-4}$ ) группировки, что приведет к процессу солеобразования. Аминокислотная кислота в твердом состоянии существует в форме внутренней соли  $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COO}^-$ . Эти заряженные группировки, имеющиеся в каждом из узлов кристаллической решетки, вызывают сильное электростатическое взаимодействие между частицами, и физические свойства кислоты напоминают свойства ионных соединений. В частности, она имеет высокую температуру плавления, которая превышает температуру разложения, характерную для обычных органических соединений. Процесс гидратации ионных частиц способствует увеличению растворимости, а вклад неполярной группировки  $-\text{CH}_2-$  во взаимодействие с молекулами воды меньше, чем вклад взаимодействия ионных группировок. Это ведет к повышению растворимости кислоты.

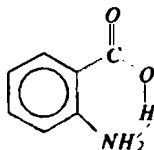
В водном растворе могут происходить процессы гидролиза



Однако, поскольку кислотные и основные свойства группировок ( $K \approx 10^{-4}$  и  $10^{-5}$ ) близки между собой, гидролиз по каждому из ионных центров будет происходить почти в равной мере, преобладания процесса с образованием  $H^+$  или  $OH^-$  не будет, среда раствора будет практически нейтральной и метиловый оранжевый будет иметь оранжевую окраску.

В ароматических аминокислотах основность групп  $NH_2$  сильно ослаблена ( $K^a \approx 10^{-10}$ ). Поэтому процесс образования внутренних солей практически не будет происходить — их строение точно отражает формула  $H_2NC_6H_4COOH$ . Наличие неполярной группы  $C_6H_4$  понижает их растворимость в воде.

Различие в температурах плавления у 2- и 4-аминобензойных кислот связано с наличием внутримолекулярных водородных связей в орто-изомере



В пара-изомере возможно образование межмолекулярных водородных связей. Поэтому температура плавления пара-изомера выше, чем в случае орто-изомера.

В водном растворе свойства аминокислот будут преимущественно определяться группой  $-COOH$  ( $K^a \approx 10^{-5}$ ), то есть,



как и в растворе бензойной кислоты, метиловый оранжевый приобретает красную окраску (анилин изменения окраски индикаторов не вызывает).

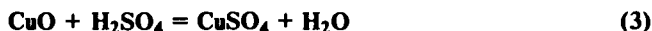
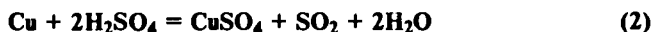
### 11.3. Автор — С.С.Чуранов

Оксид углерода (II) при нагревании восстанавливает оксид меди (II)



Для опыта взято  $n_1 = 20/80 = 0,25$  моль оксида меди (II) и

$n_2 = 5,6/22,4 = 0,25$  моль смеси (CO и CO<sub>2</sub>). Содержимое трубки после реакции должно быть смесью меди с невосстановленным оксидом меди (II), и при действии горячей достаточно концентрированной (более 50-60%) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> могут происходить реакции



Для проведения реакции было взято

$$n_3 = 60 \cdot 1,8 \cdot 0,85/98 = 0,934 \text{ моль H}_2\text{SO}_4.$$

По условию 42,7% или 0,4 моль H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> вступило в реакции (2) и (3).

При этом по уравнениям (2) и (3)  $x$  моль меди прореагирует с  $2x$  моль H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, а  $y$  моль оксида меди (II) вступит в реакцию с  $y$  моль H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Получаем систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0,25 & \text{количество Cu + CuO} \\ 2x + y = 0,4 & \text{количество прореагировавшей H}_2\text{SO}_4 \end{cases}$$

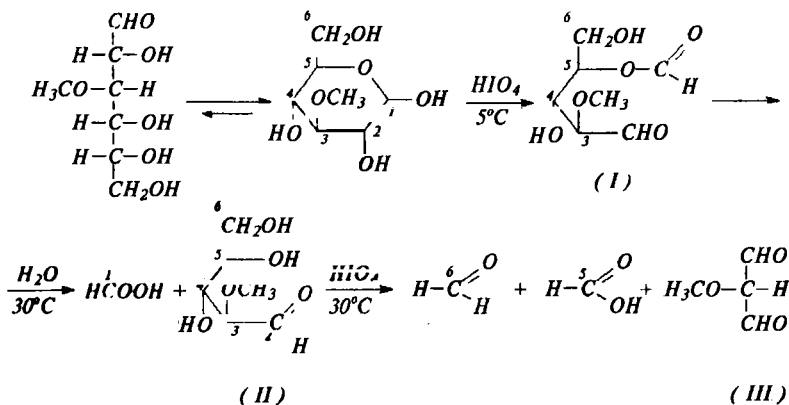
Решение системы уравнений дает  $x = 0,15$ .

Поскольку по уравнению (1) количество полученной меди равно количеству прореагировавшего оксида углерода (II), то в смеси из 0,25 моль газов было 0,15 моль CO (60%) и 0,10 моль CO<sub>2</sub> (40%).

Ответ: 60% CO и 40% CO<sub>2</sub>.

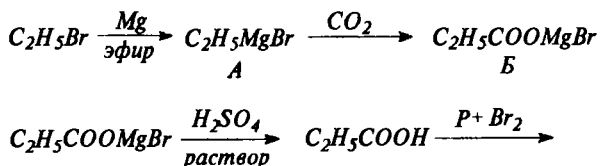
## 11.4. Автор — М.Д.Решетова

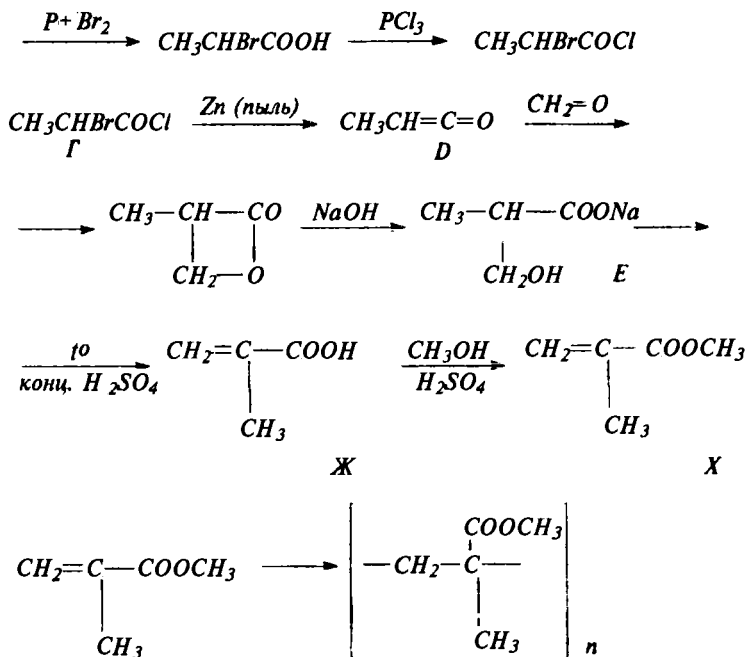
Исходный углевод в растворе находится в равновесии с циклической формой, причем равновесие смещено в сторону последней. При действии 1 моля иодной кислоты на холоду разрывается связь  $C_1-C_2$  с образованием эфира муравьиной кислоты (I), который стабилен на холоду. При повышении температуры до  $30^\circ\text{C}$  эфир (I) гидролизуется до муравьиной кислоты и альдегидспирта (II). Последний окисляется двумя молями иодной кислоты с разрывом связей  $C_4-C_5$  и  $C_5-C_6$



Ответ: муравьиная кислота, формальдегид, 2-метоксипропаналь (III), 2:1:1.

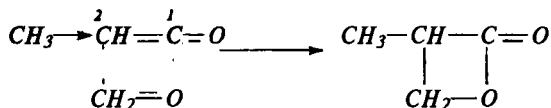
## 11.5. Автор — М.Ю.Сибиркин





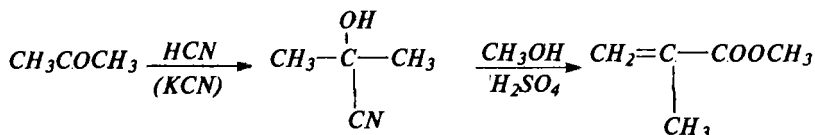
- б) В хлорангидриде  $\alpha$ -бромпропионовой кислоты (Г) на атомах углерода  $C_1$  и  $C_2$  имеется заметный положительный заряд, и электроны с активного металла (Zn) переходят на эти атомы, способствуя поляризации связей  $C-Hal$  и отщеплению галогенид-ионов.

В метилкетене (D) высокий положительный заряд на атоме углерода  $C_1$  атакует атом кислорода формальдегида, несущий заметный отрицательный заряд, и одновременно атом углерода формальдегида образует связь с атомом  $C_2$  кетена, электронная плотность на котором повышена.



Соединение (Е) — внутренний сложный эфир (лактон) оксикислоты. Гидроксид-ионы нуклеофильно разрывают сложно-эфирную связь с образованием соли оксикислоты.

в) Одна из возможных схем:



#### 11.6. Автор — С.С.Чуранов

1) Жидкость Y представляет собой соляную кислоту, в состав которой входят:

$$n(\text{HCl}) = n(\text{CO}_2) = n(\text{AgCl}) = 0,224/22,4 = 1,435/143,5 = 0,01 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl}) = 36,5 \cdot 0,01 = 0,365 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1,085 - 0,365 = 0,72 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,72/18 = 0,04 \text{ моль}$$

2) Компоненты газовой смеси X содержат:

$$\text{углерод} \quad n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 3,52/44 = 0,08 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}) = 12 \cdot 0,08 = 0,96 \text{ г}$$

$$\text{водород} \quad n(\text{H}) = n(\text{HCl}) + 2n(\text{H}_2\text{O}) = 0,01 + 2 \cdot 0,04 = 0,09 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}) = 1 \cdot 0,09 = 0,09 \text{ г}$$

$$\text{хлор} \quad n(\text{Cl}) = n(\text{HCl}) = 0,01 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cl}) = 35,5 \cdot 0,01 = 0,355 \text{ г.}$$

$$\text{Масса исходной навески смеси } m(x) = 1,568 \cdot 0,896 = 1,405 \text{ г}$$

совпадает с суммой масс

$$m(\text{C} + \text{H} + \text{Cl}) = 0,96 + 0,09 + 0,355 = 1,405 \text{ г.}$$

Следовательно, других элементов в составе компонентов смеси X нет, и соотношение  $\text{C}:\text{H}:\text{Cl} = 0,08:0,09:0,01 = 8:9:1$ . Смесь X не содержит свободного HCl, один или оба компонента смеси являются галогенпроизводными углеводорода  $\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z$ .

Поскольку средняя молекулярная масса смеси

$$M = 1,57 \cdot 22,4 = 35,2,$$

в состав смеси входит углеводород с  $M < 35$ . Таких углеводородов четыре:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , и  $\text{C}_2\text{H}_2$ . Если галогенпроизводное образовалось при действии  $\text{HCl}$  на углеводород  $\text{C}_x\text{H}_{y-1}$ , то соотношение  $\text{C}:\text{H} = 8:(9-1) = 1:1$ , что соответствует составу ацетилена.

Соотношение  $\text{C}:\text{H}:\text{Cl} = 8:9:1$  может быть преобразовано в соотношение  $\text{C}:\text{H}:\text{HCl} = 8:8:1$ , то есть исходными веществами были ацетилен (А) и  $\text{HCl}$  (В) в мольном и объемном отношении 4:1, которые при взаимодействии образовали винилхлорид  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ .

Тогда в смеси X соотношение

