

## Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета по предмету «Химия» (Решения)

2013-2014 учебный год

9 класс

### I. Задача про борьбу с вампирами – решение.

1. Минералами и рудами могут быть вещества, обладающие низкой химической активностью и низкой растворимостью в воде. Из бинарных соединений серебра этими свойствами отличаются галогениды серебра общей формулой  $\text{AgX}$  и его халькогениды с формулой  $\text{Ag}_2\text{X}$ . Для формулы  $\text{AgX}$  получаем  $A(\text{X}) = 39,5$  а.е.м., что не соответствует чему-то реальному, для формулы  $\text{Ag}_2\text{X}$  –  $A(\text{X}) = 79$  а.е.м. – селен, тогда формула науманита (точнее – его минералообразующего компонента) –  $\text{Ag}_2\text{Se}$ .

2. Самый простой метод получения серебра из науманита, как и из других халькогенидов (сульфида или теллурида), – обжиг, в результате которого образуется металлическое серебро и оксид селена(IV), который благодаря относительно невысокой температуре кипения отойдет с парами воздуха, а в твердом остатке оказывается металлическое серебро:  $\text{Ag}_2\text{Se} + \text{O}_2 = 2\text{Ag} + \text{SeO}_2$ ; хлорид серебра можно разложить, просто сфокусировав на нем свет:  $2\text{AgCl} = 2\text{Ag} + \text{Cl}_2$

3. Из 1000 грамм науманита теоретически можно выделить 732 грамма серебра (по процентному содержанию серебра), с учетом выхода – 586 грамм, это 41 пуля или с учетом меткости Ван Хельсинга – 27 убитых кровососов.

4. Если главное в серебряных пулях – токсичность серебра для вампиров, причем при попадании в них серебра вампиры уничтожаются мгновенно, за поражающее действие отвечает только поверхность пули, а значит можно взять и посеребрить пулю (то есть нанести на нее слой серебра). Это можно сделать, например, электрохимически.

### II. Задача про «превращение кислоты в воду» – решение.

1.  $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$  (молек.)       $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$  (сокр. ионн.)  
 $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (молек.)       $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$  (сокр. ионн.)

2.  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (молек.)       $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (сокр. ионн.)  
 $\text{MgCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (молек.)       $\text{MgCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (сокр. ионн.)

3. Для здорового человека большее количество неприятных ощущений создаст «Ренни», поскольку нейтрализация кислоты этим препаратом идет с выделением углекислого газа, что будет приводить к вздутию пищевода и отрыжке, причем для людей с гастритом и более серьезными проблемами пищевода это не просто неприятно, но и опасно – есть риск разрыва пищевода (именно поэтому народно-медицинский рецепт «гасить» изжогу содой желательно не применять на практике никогда). Для людей с нарушениями со стороны почек и печени оба препарата малоприятны, так как возникнут проблемы с выведением ионов кальция и магния через фильтрующую систему. Для людей, страдающих болезнью

Альцгеймера, предпочтительнее «Ренни», поскольку алюминий способствует развитию этого заболевания.

4. Вспомогательные вещества нужны в лекарстве для того, чтобы действующее вещество можно было использовать в желаемом виде (например, в виде таблетки, мази, аэрозоли). Вспомогательные вещества побочных действий не вызывают, не считая исключительных случаев, когда человек сверхчувствителен в отношении конкретного вспомогательного вещества (лактоза, ореховое масло, различные виды сахара). Разрешённые к использованию в составе лекарств вспомогательные вещества должны быть качественными и должно быть доказано, что они в случае данного вида применения являются безопасными. Разрешённое в лекарстве вспомогательное вещество не должно негативно влиять на свойства лекарства.

5. Обозначим количество  $\text{Al}(\text{OH})_3$  в таблетке «Гастала» за  $x$  моль, тогда на него будет приходиться масса  $78x$  грамм (количество умножить на молярную массу); а количество  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  – за  $y$  моль, тогда масса гидроксида магния –  $58y$  грамм,  $78x + 58y = 0,750$ . С помощью  $x$  моль гидроксида алюминия можно нейтрализовать  $3x$  моль хлороводорода, а с помощью  $y$  моль гидроксида магния –  $2y$  моль  $\text{HCl}$ , отсюда второе уравнение системы:  $3x + 2y = 0,02765$ . Решая систему из двух уравнений с двумя неизвестными, в результате получим  $m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,450$  грамма,  $m(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 0,300$  грамма.

### **III. Задача про газовую смесь – решение.**

1. С оксидом фосфора(V) взаимодействуют пары воды:

$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HPO}_3$  (принимаются и уравнения, в которых в качестве продукта выступает пиро- или ортофосфорная кислота)

Количество воды в исходной смеси:

$\nu(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M_r(\text{H}_2\text{O}) = 1,35 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0,075$  моль. Это количество соответствует объёму 1,68 л, что эквивалентно объёмной доли паров воды 7,9 %.

С гидроксидом натрия может взаимодействовать какой-либо кислотный оксид. Из подсказки ясно, что это углекислый газ.

$\text{CO}_2 + \text{NaOH} = \text{NaHCO}_3$  (принимается и уравнение с образованием средней соли)

Тогда его количество составляет:

$\nu(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2)/M_r(\text{CO}_2) = 33,01 \text{ г} / 44,01 \text{ г/моль} = 0,75$  моль

Это количество соответствует объёму 16,8 л, что эквивалентно объёмной доли углекислого газа 79,0 %.

Объём третьего компонента составляет:

$21,28 \text{ л} - 1,68 \text{ л} - 16,8 \text{ л} = 2,8 \text{ л}$ ,

что даёт 13,1 % от объёма всей смеси и соответствует 0,125 молям газа. Тогда молярная масса газа составляет:

$M_r = m/\nu = 4,99 \text{ г} / 0,125 \text{ моль} = 39,92 \text{ г/моль}$

Эта молярная масса соответствует аргону.

2. Если исходную смесь пропустить через трубки в обратной последовательности, то будет наблюдаться следующая картина: масса первой трубки с гидроксидом натрия увеличится на 34,36 г за счёт поглощения паров воды и углекислого газа, а масса второй трубки с оксидом фосфора(V) не изменится. Непрореагировавшими останутся 4,99 г аргона.

3. Негашеная известь – оксид кальция  $\text{CaO}$ . Он может взаимодействовать как с водой, так и с углекислым газом:

$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$



Поведение негашеной извести похоже на поведение гидроксида натрия, который может взаимодействовать с углекислым газом, а также поглощать воду из-за своей гигроскопичности. Поэтому негашеной известью можно заменить гидроксид натрия.

#### *IV. Задача про химические реакции – решение.*

1.  $5\text{Zn} + 12\text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow 5\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$  (можно принять варианты с образованием  $\text{N}_2\text{O}$  или  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )
2.  $2\text{Ga} + 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$
3.  $\text{SiH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + 4\text{H}_2$
4.  $\text{N}_2\text{O} + \text{CO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{CO}_2$
5.  $\text{AlCl}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl}$
6.  $\text{As}_2\text{O}_5 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaAsO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
7.  $\text{Fe} + 5\text{CO} \rightarrow \text{Fe}(\text{CO})_5$
8.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl} + 6\text{HCl}$
9.  $3\text{FeO} + 4\text{KNO}_3 + 2\text{KOH} \rightarrow 3\text{K}_2\text{FeO}_4 + 4\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
10.  $\text{MnSO}_4 + 2\text{NaNO}_3 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{MnO}_4 + 2\text{NaNO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

#### *V. Задача на тему различных соединений серы – решение.*

1. При обработке образца водой в раствор **L** перейдут сульфаты аммония и калия, в осадке **M** останутся сульфат бария и сера. При обработке осадка **M** сероуглеродом в раствор **Y** перейдет сера (она состоит из неполярных молекул  $\text{S}_8$ , которые легко растворяются в неполярных растворителях, таких, как сероуглерод), осадок **R** – сульфат бария. После испарения сероуглерода можно выделить элементарную серу  $\text{S}_8$ .

Обработка раствора сульфатов калия и аммония хлоридом бария приведет к протеканию реакций ионного обмена:



таким образом, осадок **R** – сульфат бария, в растворе **Q** – хлориды калия и аммония. В твердой фракции **X** может быть либо смесь хлоридов калия и аммония (если испарение растворителя шло при низкой температуре – медленно при обычном давлении или быстро при разрежении) или только хлорид калия, если для испарения растворителя повышали температуру – в этих условиях хлорид аммония претерпит термическое разложение:  $\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$

2. Бинарное соединение – соединение, состоящее только из атомов двух химических элементов, его состав  $\text{H}_x\text{S}_y$ . По процентному содержанию водорода и серы находим простейшую формулу **A** –  $\text{HS}_2$ .

3. Опираясь на валентные свойства атомов серы и водорода, входящих в состав **A**, можно приписать веществу только одну правильную структурную формулу –  $\text{H-S-S-S-S-H}$ . Молекулярная формула **A** –  $\text{H}_2\text{S}_4$ . Это тетрасульфид.