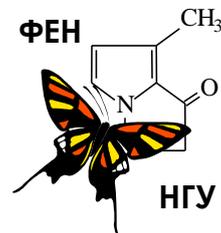




55-я Всесибирская открытая олимпиада школьников
Первый отборочный этап 2016-2017 уч. года
Решения заданий по химии
9 класс



Задача 1. (автор В. А. Емельянов).

1. Ломоносов Михаил (Михайло) Васильевич. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.

2. Закон сохранения массы веществ и закон сохранения энергии (количества движения). М.В. Ломоносов открыл закон сохранения массы.

3. Закон сохранения массы веществ: «Общая масса веществ, вступающих в химическую реакцию, равна общей массе продуктов реакции». При ядерных реакциях закон сохранения массы следует применять в несколько иной формулировке: «Сумма массы вещества системы и массы, эквивалентной энергии, полученной или отданной той же системой, постоянна» (от школьника такой ответ не требуется). Закон сохранения энергии: «В изолированной системе энергия системы остается постоянной, возможны лишь переходы одного вида энергии в другой».

4. У Ломоносова «пропущения внешнего воздуха». Ответ «вскрытия реторты» и подобный ему засчитывается как правильный. У Р. Бойля получился привес именно потому, что, вскрыв реторту, он впустил в нее дополнительное количество воздуха взамен израсходованного кислорода.

5. Привес за счет воздуха 0,609 г, значит, воздуха вошло $0,609/29 = 0,021$ моль. Следовательно, кислорода израсходовалось 0,021 моль. Объемная доля кислорода в воздухе 0,21, то есть воздуха в реторте было всего $0,021/0,21 = 0,1$ моль. Объем реторты $24,4 \cdot 0,1 = 2,44$ л.

Если совершить почти такую же ошибку, как и Бойль, т.е. считать, что привес реторты обусловлен проникнувшим в реторту чистым кислородом (пусть даже и после ее вскрытия), то ответ получится неверным, хотя и близким. В этом случае количество кислорода $0,609/32 = 0,0190$ моль, количество воздуха в реторте $0,019/0,21 = 0,0906$ моль, ее объем $24,4 \cdot 0,0906 = 2,21$ л.

6. Окалины – продукты прокаливания металлов на воздухе, т.е. продукты взаимодействия металлов с кислородом. Следовательно, они относятся к классу оксидов. Рассчитаем составы веществ А и Б. В 100 г А содержится 92,8 г или $92,8/207,2$ молей атомов элемента свинца и $100-92,8 = 7,2$ г или $7,2/16$ молей атомов элемента кислорода.

Отношение количества атомов Pb : O составляет $92,8/207,2 : 7,2/16 = 0,448:0,45 = 1:1,0 = 1:1$. Таким образом, формула А – PbO.

Аналогично для Б получаем Pb : O = $90,7/207,2 : 9,3/16 = 0,438:0,581 = 1:1,33 = 3:4$. То есть, формула Б – Pb₃O₄.

Уравнения реакций: $2Pb + O_2 = 2PbO$; $3Pb + 2O_2 = Pb_3O_4$.

Система оценивания:

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Фамилия, имя, отчество, название (МГУ) по 1 б | 1 б * 4 = 4 б; |
| 2. Названия законов, указание на 3-н сохр-я массы по 1 б | 1 б * 3 = 3 б; |
| 3. Формулировки законов, верно передающие их смысл по 2 б | 2 б * 2 = 4 б; |
| 4. Слово «воздух» в цитате 1 б, Бойль «впустил воздух» 1 б | 1 б * 2 = 2 б; |
| 5. Расчет количества кислорода через воздух 3 б (если напрямую, 0,609/32, то 1 б),
объем реторты (от 2,2 до 2,5 л) 2 б | 3 б + 2 б = 5 б; |
| 6. Оксиды 1 б, формулы по 1 б, уравнения по 1 б | 1 б + 1 б * 2 + 1 б * 2 = 5 б; |
| Всего | 23 балла |

Задача 2. (авторы Д.В. Марковская, В. А. Емельянов).

1. Известный с древности элемент, образующий желтое горючее простое вещество, при сгорании которого образуется газ с резким запахом – это сера, которую алхимики считали отцом всех металлов. К тому же выводу приходим из необходимости доокисления до высшего оксида в присутствии оксида ванадия, а также из информации об образовании водородного соединения с отвратительным запахом, проявляющего кислотные свойства.

Известные соединения перечисленных металлов с серой:



2. Формулы соединений **Б-К**:



3. Названия соединений **Б-К**:

Б – SO_2 – сернистый газ, сернистый ангидрид, двуокись серы, диоксид серы, оксид серы(IV);

В – SO_3 – серный ангидрид, трехокись серы, триоксид серы, оксид серы(VI);

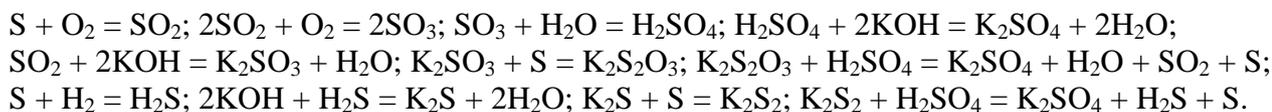
Г – H_2SO_4 – серная кислота; **Д** – K_2SO_4 – сульфат калия, сернокислый калий;

Е – K_2SO_3 – сульфит калия, сернистоокислый калий; **Ж** – $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – тиосульфат калия;

З – H_2S – сероводород; **И** – K_2S – сульфид калия, сернистый калий;

К – K_2S_2 – дисульфид калия, двусернистый калий.

Уравнения реакций, представленных на схеме:



4. В соответствии с принципом Ле Шателье, химическое равновесие для экзотермического процесса, сопровождающегося уменьшением числа молекул в газовой фазе, при указанном воздействии: а) добавить оксида ванадия(V) – не сместится; б) добавить кислорода – сместится в сторону **В** (вправо); в) уменьшить давление смеси – сместится в сторону **Б** (влево); г) увеличить температуру – сместится в сторону **Б** (влево).

5. Четыре меньшие внутренние планеты — Меркурий, Венера, Земля и Марс (также называемые планетами земной группы) – состоят в основном из силикатов и металлов. Четыре внешние планеты – Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун (также называемые газовыми гигантами) – намного более массивны, чем планеты земной группы. Крупнейшие планеты Солнечной системы, Юпитер и Сатурн, состоят главным образом из водорода и гелия; внешние, меньшие Уран и Нептун, помимо водорода и гелия, содержат в составе своих атмосфер метан и угарный газ.

Система оценивания:

1. Определение серы 1 б, верные соединения по 0,5 б

$$1 \text{ б} + 0,5 \text{ б} * 10 = 6 \text{ б};$$

2. Формулы соединений по 0,5 б

$$0,5 \text{ б} * 9 = 4,5 \text{ б};$$

3. Названия соединений по 0,5 б

$$0,5 \text{ б} * 9 = 4,5 \text{ б};$$

Уравнения реакций по 1 б

$$1 \text{ б} * 11 = 11 \text{ б};$$

4. Правильное указание о смещении равновесия по 0,5 б

$$0,5 \text{ б} * 4 = 2 \text{ б};$$

5. Названия планет по 0,5 б

$$0,5 \text{ б} * 8 = 4 \text{ б};$$

Всего 32 балла

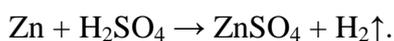
Задача 3. (авторы В.А. Воробьев, В.А. Емельянов).

1. Монет собрано на общую сумму 13084,59 долларов, умножив это число на 100, получим общее количество монет: $13084,59 \cdot 100 = 1308459$ штук.

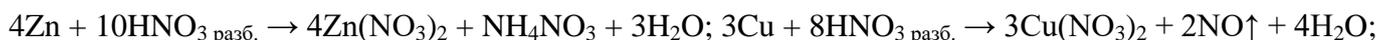
2. Рассчитаем, сколько монет Ноулес собирал в год: $1308459/40 = 32711 \approx 32,7$ тыс. монет. До 1982 года каждый год он набирал $32,7 \cdot 3,08 = 100,7$ кг монет. После 1982 года – $32,7 \cdot 2,50 = 81,75$ кг. Суммарная масса: $100,7 \cdot (1982-1967) + 81,75 \cdot (2007-1982) \approx 3560$ кг = 3,56 т. Можно посчитать и другим способом: До 1982 года в течение 15 лет Ноулес собирал центы по 3,08 г, а затем, в течение 25 лет – по 2,50 г. Средняя масса одной монетки: $3,08 \cdot 15/40 + 2,50 \cdot 25/40 = 2,72$ г. Можно считать, что он собирал монетки весом только 2,72 г в течение 40 лет. Общая масса монет: $2,72 \cdot 1308459/1000000 \approx 3,56$ т.

3. Профиль Линкольна покрывается пузырьками водорода по реакции: $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2 \uparrow$. В результате цинк, находившийся внутри монеты, растворяется, а медное покрытие остается.

Чтобы растворять только цинк, подойдет лишь разбавленная серная кислота:



А вот, заменив соляную кислоту азотной или концентрированной серной, мы также будем растворять ещё и медь:



4. В условии сказано, что монета нового образца состоит из цинка, покрытого медью, суммарным весом 2,50 г. Если весь цинк растворить, то останется только медь, что и произошло в соляной кислоте. Масса оставшейся меди – 0,06 г. Значит, столько же содержалось изначально на монете, так как в таких условиях медь не переходит в раствор. Следовательно, массовая доля меди равна $0,06/2,50 = 0,024$ или 2,4 %, массовая доля цинка $1 - 0,024 = 0,976$ или 97,6 % из этих данных. (На самом деле содержание меди в настоящей монете 2,5 %, но отклонение незначительно, и его вполне можно списать на ошибку взвешивания).

Монета нового образца не отличается размерами от старого, а это значит, что объем у них одинаковый. Объем новой монеты получим сложением объемов меди и цинка:

$$V = 0,06/8,95 + (2,5-0,06)/7,14 = 0,348 \text{ см}^3.$$

Пусть x - объем меди в составе старой монеты, тогда $(0,348-x)$ - объем цинка. Составим уравнение:

$$8,95x + 7,14(0,348-x) = 3,08, \text{ откуда } x = 0,329.$$

Масса меди в составе старой монеты $8,95 \cdot 0,329 = 2,94$ г, масса цинка $7,14 \cdot (0,348-0,329) = 0,14$ г. Массовая доля меди $2,94/3,08 = 0,955$ или 95,5 %, массовая доля цинка $1 - 0,955 = 0,045$ или 4,5 %.

Можно провести оценку и по-другому. Найдем среднюю плотность монеты нового образца:

$\rho_{\text{нов}} = 7,14 \cdot 0,976 + 8,95 \cdot 0,024 = 7,18 \text{ г/см}^3$. Плотность монеты старого образца легко находится из соотношения масс монет: $\rho_{\text{стар}} = 3,09 \cdot 7,18/2,50 = 8,87 \text{ г/см}^3$. Массовую долю цинка, x , находим из следующего уравнения: $8,95 \cdot (1-x) + 7,14 \cdot x = 8,87$; $x = 0,044$. Процентное содержание цинка 4,4 %, меди – 95,6 %.

*На самом деле, процент цинка в составе старой монеты чуть больше – 5 %. Отклонение на сей раз вызвано тем, что объем сплава на самом деле оказывается несколько меньше, чем сумма объемов входящих в него металлов.

5. Рассчитаем количество хлороводорода, содержащегося в 100 г соляной кислоты:

$v_{HCl} = 100 \cdot 0,1/36,5 = 274$ ммоль. Количество цинка $v_{Zn} = (2,50 - 0,06)/65,4 = 37,3$ ммоль, т. е. хлороводород взят в большом избытке. Рассчитаем объем раствора, который в ходе реакции практически не изменится: $100/1,048 = 95,4$ мл.

Итак, в растворе содержатся хлороводород (соляная кислота засчитывается) и хлорид цинка. Вычислим их концентрации: Оставшееся количество хлороводорода: $274 - 37,3 \cdot 2 = 199$ ммоль. Концентрация хлороводорода: $0,199/0,0954 = 2,09$ моль/л, концентрация хлорида цинка: $0,0373/0,0954 = 0,391$ моль/л.

6. При упаривании солянокислого раствора будет выделяться кристаллогидрат $ZnCl_2$. Его количество совпадает с количеством цинка (37,3 ммоль), а масса составляет 7,77 г. Следовательно, его молярная масса $7,77/0,0373 = 208,3$ г/моль. За вычетом массы $ZnCl_2$ ($65,4+71 = 136,4$) остается $208,3-136,4 = 71,9$ г/моль, что соответствует $71,9/18 = 3,99 \approx 4$ молекулам кристаллизационной воды.

Система оценивания:

1. Общее количество монет 1 б	1 б;
2. Общая масса монет 2 б	2 б;
3. Водород 1 б, на разб. серную можно, остальные - нельзя 1 б	
уравнения реакций по 1 б	$1 \text{ б} + 1 \text{ б} + 1 \text{ б} \cdot 8 = 10 \text{ б};$
4. Массовые доли меди и цинка в новой монете по 1 б, в старой по 2 б	$1 \text{ б} \cdot 2 + 2 \text{ б} \cdot 2 = 6 \text{ б};$
5. Названия веществ по 1 б, концентрации по 2 б	$1 \text{ б} \cdot 2 + 2 \text{ б} \cdot 2 = 6 \text{ б};$
6. Расчет количества кристаллизационной воды 2 б	2 б;
Всего	27 баллов