

9 класс I вариант

1. Соли Туттона – гексагидраты двойных сульфатов одно- и двухвалентных металлов – обладают невысокой растворимостью в воде, что позволяет получать их смешением эквимолярных количеств исходных солей. Так, гексагидрат двойного сульфата магния и рубидия имеет растворимость при 25 °С 20,2 г на 100 мл воды в расчете на безводную соль. Какие минимальные массы 25%-ного раствора сульфата магния и 25%-ного раствора сульфата рубидия надо смешать при 25 °С, чтобы получить 10,0 г соли Туттона?

2. Великая пирамида Хеопса – единственное из «семи чудес света», которое сохранилось до наших дней. Величественная пирамида ранее была облицована горной породой, основным компонентом которой является вещество **X**, о котором известно следующее:

- состоит из 3-х элементов, соответствующих простым веществам **A**, **B**, **B**, причём одно из них - металл;

- каждый из этих элементов (его самый распространенный изотоп) имеет в своём составе одинаковое количество протонов и нейтронов;

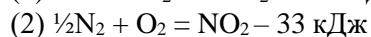
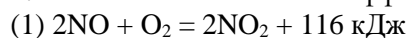
- в короткопериодной системе химических элементов Д.И. Менделеева сумма номеров группы и периода элемента **A** равна такой сумме для элемента **B**;

- массовые доли элементов **B** и **B** в веществе **X** соотносятся как 1:4.

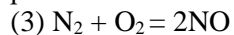
Определите вещества **A–B**, **X**. В состав какой горной породы могло входить вещество **X**, использованное в облицовке египетских пирамид?

3. В некую воду порциями внесли навеску натрия. Полученным раствором обработали гранулы цинка. Выделился газ **A**, имеющий плотность 0,18 г/л (н.у.). О какой воде идет речь? Приведите её тривиальное название и молярную массу с точностью до целых. Запишите уравнения протекающих реакций. Какую максимальную массу розоватого металла **B** можно получить восстановлением черного порошка **C** 10 литрами (н.у.) газа **A**? При расчётах атомные массы элементов округляйте до целых.

4. На основании тепловых эффектов нижеприведённых процессов:



рассчитайте тепловой эффект реакции



Чему равны теплота образования оксида азота (II) и теплота его разложения на простые вещества? Приведите фамилии ученых, сформулировавших законы, которые лежат в основе Вашего решения.

9 класс II вариант

1. Соли Туттона – гексагидраты двойных сульфатов одно- и двухвалентных металлов – обладают невысокой растворимостью в воде, что позволяет получать их смешением эквимолярных количеств исходных солей. Так, гексагидрат двойного сульфата железа (II) и рубидия имеет растворимость при 25 °С 24,4 г на 100 мл воды в расчете на безводную соль. Какие минимальные массы 25%-ного раствора сульфата железа (II) и 25%-ного раствора сульфата рубидия надо смешать при 25 °С, чтобы получить 10,0 г соли Туттона?

2. При строительстве знаменитой ступенчатой пирамиды Джосера в Египте, как и всего некрополя в Саккаре, активно использовался минерал, который является кристаллогидратом вещества **X**. Об **X** известно следующее:

- состоит из 3-х элементов, соответствующих простым веществам **A**, **B**, **B**, причём одно из них – металл, и сумма номера группы и периода этого элемента четная;

- каждый из этих элементов (его самый распространенный изотоп) имеет в своём составе одинаковое количество протонов и нейтронов;

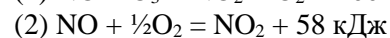
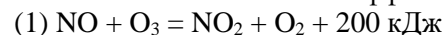
- количество нейтронов в атоме элемента **B** на 4 меньше, чем в атоме элемента **A** (самые распространенные изотопы);

- массовые доли элементов **B** и **B** в веществе **X** соотносятся как 1:2.

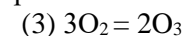
Определите вещества **A–B**, **X**. В состав какой горной породы могло входить вещество **X**, использованное в облицовке египетских пирамид?

3. В некую воду порциями внесли навеску лития. Полученным раствором обработали гранулы алюминия. Выделился газ **A**, имеющий плотность 0,18 г/л (н.у.). О какой воде идет речь? Приведите её тривиальное название и молярную массу с точностью до целых. Запишите уравнение протекающих реакций. Какую максимальную массу розоватого металла **B** можно получить восстановлением черного порошка **C** 15 литрами (н.у.) газа **A**? При расчётах атомные массы элементов округляйте до целых.

4. На основании тепловых эффектов нижеприведённых процессов:



рассчитайте тепловой эффект реакции



Чему равны теплота образования озона и теплота его разложения до диоксида? Приведите фамилии ученых, сформулировавших законы, которые лежат в основе Вашего решения.

Решения и критерии оценивания районного этапа всероссийской олимпиады школьников по химии в 2024/25 учебном году
Теоретическая часть

9 Класс

№1

I вариант

Решение:

Уравнение реакции: $MgSO_4 + Rb_2SO_4 + 6H_2O = Rb_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$

Возьмем по 1 моль исходных солей. Тогда из них получится 1 моль соли Туттона, часть которой выпадет в осадок. Справедливо соотношение:

$[m(1 \text{ моль безводного двойного сульфата}) - m(\text{двойного сульфата в осадке})] / (m(\text{смеси}) - m(\text{осадка})) = w$, где w – массовая доля безводной соли в насыщенном растворе

Подставляя цифры, получаем:

$$(386 - 386n)/(120/0.25 + 266/0.25 - 494n) = 20.2/120.2 = 0.168,$$

Где 120 г/моль и 266 г/моль – молярные массы сульфатов магния и рубидия, 494 г/моль – молярная масса соответствующей соли Туттона, 386 г/моль – молярная масса безводного двойного сульфата магния-рубидия, n – количество вещества соли Туттона, выпавшей в осадок.

Решая данное уравнение, получаем $n = 0.418$ моль, что соответствует $m = 0.418 \cdot 494 = 206.5$ г

По условию задачи требуется получить 10,0 г соли, следовательно, надо взять следующие массы растворов:

$$m(\text{р-ра } MgSO_4) = 120/0.25 \cdot 10/206.5 = 23.2 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра } Rb_2SO_4) = 266/0.25 \cdot 10/206.5 = 51.5 \text{ г}$$

II вариант

Решение:

Уравнение реакции: $FeSO_4 + Rb_2SO_4 + 6H_2O = Rb_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$

Возьмем по 1 моль исходных солей. Тогда из них получится 1 моль соли Туттона, часть которой выпадет в осадок. Справедливо соотношение:

$[m(1 \text{ моль безводного двойного сульфата}) - m(\text{двойного сульфата в осадке})] / (m(\text{смеси}) - m(\text{осадка})) = w$, где w – массовая доля безводной соли в насыщенном растворе

Подставляя цифры, получаем:

$$(418 - 418n)/(152/0.25 + 266/0.25 - 526n) = 24.4/124.4 = 0.196,$$

Где 152 г/моль и 266 г/моль – молярные массы сульфатов железа и рубидия, 526 г/моль – молярная масса соответствующей соли Туттона, 418 г/моль – молярная масса безводного

двойного сульфата железа-рубидия, n – количество вещества соли Туттона, выпавшей в осадок.

Решая данное уравнение, получаем $n = 0.287$ моль, что соответствует $m = 0.287 \cdot 526 = 150.8$ г

По условию задачи требуется получить 10,0 г соли, следовательно, надо взять следующие массы растворов:

$$m(\text{р-ра FeSO}_4) = 152/0.25 \cdot 10/150.8 = 40.3 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра Rb}_2\text{SO}_4) = 266/0.25 \cdot 10/150.8 = 70.6 \text{ г}$$

Рекомендации к оцениванию:

1. Уравнение реакции образования соли Туттона (в явном или скрытом виде) 0.5 балла
2. Составление уравнения связи между количеством реагирующих веществ и количеством выпадающего осадка 1.5 балла
3. Решение этого уравнения 1 балл
4. Расчет масс исходных растворов по 1 баллу

ИТОГО: 5 баллов

№2

I вариант

Найдем все элементы, ядра основных изотопов которых содержат одинаковое количество протонов и нейтронов, то есть, чтобы атомная масса самого распространенного изотопа была в 2 раза меньше порядкового номера. He, C, N, O, Ne, Mg, Si, S, Ca.

Посчитаем сумму номеров группы и периода: He – 4, C – 6, N – 7, O – 8, Ne – 10, Mg – 5, Si – 7, S – 9, Ca – 6. С учетом того, что одному из элементов соответствует простое вещество металл (Mg или Ca), то парой элементов **A** и **B** могут быть только Ca и C.

По массовым долям на элемент **B** должно приходиться $12 \cdot 4 = 48$ а.е.м., что может соответствовать 3 атомам кислорода, что хорошо сочетается со степенями окисления, **X** – карбонат, элемент **B** - O. **X** = CaCO₃, примерами могут быть известняк, мел, мрамор.

II вариант

Решение:

Найдем все элементы, ядра основных изотопов которых содержат одинаковое количество протонов и нейтронов, то есть, чтобы атомная масса самого распространенного изотопа была в 2 раза меньше порядкового номера. He, C, N, O, Ne, Mg, Si, S, Ca.

Посчитаем сумму номеров группы и периода: He – 4, C – 6, N – 7, O – 8, Ne – 10, Mg – 5, Si – 7, S – 9, Ca – 6. С учетом того, что одному из элементов соответствует простое вещество металл (Mg или Ca), а сумма протонов и нейтронов должна быть четной, то это может быть только Ca.

Теперь надо определить, какой буквой обозначают кальций. Если это **A**, то **B** – это S, так как у нее на 4 нейтрона меньше, чем у кальция, а если взять на 4 нейтрона больше, то это должен быть хром-48, что не соответствует условию использования самого распространенного изотопа. По массовой

доле на **В** приходится $32 \cdot 2 = 64$ а.е.м., что может соответствовать 4 атомам кислорода. Получается, CaSO_4 , что хорошо сочетается со степенями окисления. Если кальций – это **Б**, то **А** должен быть хромом, что не может быть из-за условия равенства количества нейтронов и протонов. Если кальций – это **В**, то по массовым долям на 1 атом кальция приходится $40:2=20$ а.е.м., что может соответствовать 1 атому неона, что не подходит из-за его инертности.

Таким образом, **Х** – сульфат кальция, элемент **А** – Ca, **Б** – S, **В** – O. **Х** = CaSO_4 , примерами могут быть гипс, алебастр.

Рекомендации к оцениванию:

1. Обоснованно выбраны **А, Б, В** и **Х**, по 1 баллу (по 0.5 балла без обоснования). 4 балла
2. Название горной породы 1 балл 1 балл

ИТОГО: 5 баллов

№3

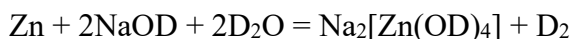
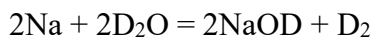
I вариант

Определим газ А. Его молярная масса М составит:

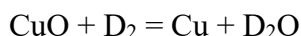
$$M = 0.18 \cdot 22.4 = 4 \text{ г/моль}$$

Такую молярную массу имеет гелий, однако он не удовлетворяет условию задачи: не образует соединений, из которых мог бы быть вытеснен металлом, не восстанавливает соединения до металлов. Альтернатива – дидейтерий, $^2\text{H}_2$ или D_2 . Тогда «некая вода» – D_2O , тяжелая вода, с молярной массой 20 г/моль.

Уравнения реакций:



Металл розоватого цвета – медь. Черный порошок – оксид меди. Реакция:



Если в реакцию вступило 10 л дейтерия, количество вещества получившейся меди составит

$$n(\text{Cu}) = n(\text{D}_2) = 10/22.4 = 0.45 \text{ моль}$$

$$\text{Масса меди составит } m = n \cdot M = 0.45 \cdot 64 = 29 \text{ г}$$

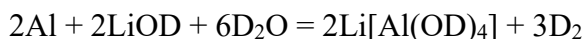
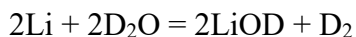
II вариант

Определим газ А. Его молярная масса М составит:

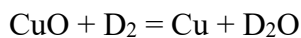
$$M = 0.18 \cdot 22.4 = 4 \text{ г/моль}$$

Такую молярную массу имеет гелий, однако он не удовлетворяет условию задачи: не образует соединений, из которых мог бы быть вытеснен металлом, не восстанавливает соединения до металлов. Альтернатива – дидейтерий, $^2\text{H}_2$ или D_2 . Тогда «некая вода» – D_2O , тяжелая вода, с молярной массой 20 г/моль.

Уравнения реакций:



Металл розоватого цвета – медь. Черный порошок – оксид меди. Реакция:



Если в реакцию вступило 15 л дейтерия, количество вещества получившейся меди составит

$$n(\text{Cu}) = n(\text{D}_2) = 15/22.4 = 0.67 \text{ моль}$$

$$\text{Масса меди составит } m = n \cdot M = 0.67 \cdot 64 = 43 \text{ г}$$

Рекомендации к оцениванию:

- | | | |
|----|---|-----------|
| 1. | Определение неизвестного газа – 1 балл (допустимо написание реакций с участием воды и дейтерия после определения неизвестного газа) | 1 балл |
| 2. | Указание названия «некой воды» и ее молярной массы – по 0.5 балла | 1 балл |
| 3. | Уравнение реакции металла с водой – 0.5 балла | 0.5 балла |
| 4. | Уравнение реакции цинка/ алюминия с раствором щелочи – 1 балл (Допустимо написание метацинка/метаалюмината вместо гидроксокомплексов) | 1 балл |
| 5. | Уравнение реакции восстановления оксида меди – 0.5 балла | 0.5 балла |
| 6. | Расчет массы оксида меди – 1 балл | 1 балл |

ИТОГО: 5 баллов

№4

I вариант

Решение:

- $Q_3 = 2Q_2 - Q_1$
- $Q_3 = -182 \text{ кДж}$
- $Q_f(\text{NO}) = -91 \text{ кДж/моль}$
- $Q_{\text{разл.}}(\text{NO}) = +91 \text{ кДж/моль}$
- Тепловой эффект (изменение энтальпии) процесса не зависит от пути протекания процесса, а зависит только от исходного и конечного состояния веществ. Учёные, сформулировавшие данные законы (закон Гесса и Лавуазье-Лапласа) – Г.И. Гесс, А.Л. Лавуазье и П.-С. маркиз де Лаплас.

II вариант

Решение:

- $Q_3 = 2Q_2 - 2Q_1$
- $Q_3 = -284 \text{ кДж}$
- $3/2\text{O}_2 = \text{O}_3 - 142 \text{ кДж}$

4. $Q_f(\text{O}_3) = -142 \text{ кДж/моль}$
5. $Q_{\text{разл.}}(\text{O}_3) = 142 \text{ кДж/моль}$. Тепловой эффект (изменение энтальпии) процесса не зависит от пути протекания процесса, а зависит только от исходного и конечного состояния веществ. Учёные, сформулировавшие данные законы (закон Гесса и Лавуазье-Лапласа) – Г.И. Гесс, А.Л. Лавуазье и П.-С. маркиз де Лаплас.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Составление баланса уравнений | 1 балл |
| 2. Расчет теплового эффекта реакции 3 | 1 балл |
| 3. Правильный ответ по термохимическому уравнению | 1 балл |
| 4. Правильный ответ по энтальпии образования O_3 (со знаком и размерностью) | 1 балл |
| 5. Определение | 1 балл |
| ИТОГО: | 5 баллов |