



Профиль олимпиады: химия

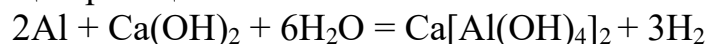
Класс участия: 10, 11

Вариант задания: 1

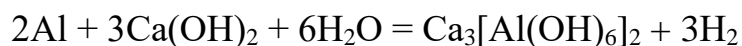
Задача 1 (5 баллов). Однажды на складе были испорчены алюминиевые изделия из-за того, что проводилась побелка потолка гашеной известью, а детали не были защищены от попадания брызг. Объясните порчу изделий с химической точки зрения. Приведите уравнение реакции. Назовите основной продукт реакции. К какому классу веществ он относится?

Решение

Произошло взаимодействие алюминия с гашеной известью. Возможно написание следующих реакций:



или



Основной продукт реакции – тетрагидроксоалюминат кальция или гексагидроксоалюминат кальция – комплексная соль.

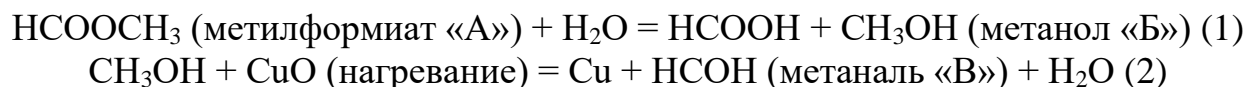
Критерии оценивания

| Критерии оценивания задания 1 | | |
|-------------------------------|--|-------|
| Элемент решения | | Баллы |
| 1. | Записано уравнение реакции взаимодействия алюминия с гашеной известью. | 3 |
| 2. | Приведено название основного продукта реакции. | 1 |
| 3. | Указано, к какому классу веществ относится продукт реакции. | 1 |
| Итого | | 5 |



Задача 2 (5 баллов). Вещество «А» представляет собой легкокипящую жидкость с приятным запахом и способно подвергаться гидролизу с образованием двух соединений с одинаковым числом атомов углерода. Одно из образующихся соединений – «Б» может быть окислено оксидом меди (II) в вещество «В», которое используется для сохранения биологических препаратов. Определите вещества «А», «Б», «В», дайте им названия. Напишите уравнения описанных реакций.

Решение



Водный раствор метаналья с массовой долей 40%, называемый формалином, используется для сохранения биологических препаратов.

Критерии оценивания

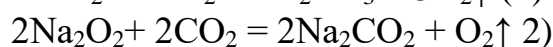
| Критерии оценивания задания 2 | | |
|-------------------------------|--|-------|
| Элемент решения | | Баллы |
| 1. | Определена формула вещества «А», приведено его название. | 1 |
| 2. | Записано уравнение реакции гидролиза вещества «А» с образованием вещества «Б» (1), приведено его название. | 2 |
| 3. | Записано уравнение реакции окисления вещества «Б» в вещество «В» (2), приведено его название. | 2 |
| Итого | | 5 |



Задача 3 (8 баллов). Для регенерации воздуха в изолированных помещениях, в частности, на подводных лодках, используют реакции получения кислорода за счет взаимодействия надпероксида калия или пероксида натрия с углекислым газом, образующимся при дыхании. Напишите уравнения указанных реакций. Вычислите, какой объем кислорода (в л) можно получить из пероксида натрия массой 1 кг.

Решение

Уравнения реакций:



$M(\text{Na}_2\text{O}_2) = 78$ г/моль. Количество вещества $n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 1000/78 = 12,82$ моль; по уравнению реакции (2) количество вещества $n(\text{O}_2) = 6,41$ моль. Объем кислорода $V(\text{O}_2) = 6,41 \cdot 22,4 = 143,584$ или 143,6 л. (Если брать $n(\text{Na}_2\text{O}_2) = 12,8$ моль, то $V(\text{O}_2) = 6,4 \cdot 22,4 = 143,36$ л или 143,4 л или примерно 143 л).

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 3

| Элемент решения | | Баллы |
|-----------------|--|-------|
| 1. | Записано уравнение реакции взаимодействия надпероксида калия с углекислым газом (1). | 2 |
| 2. | Записано уравнение реакции взаимодействия пероксида натрия с углекислым газом (2). | 2 |
| 3. | Рассчитано количество вещества пероксида натрия, вступившего в реакцию с углекислым газом. | 2 |
| 4. | Рассчитано количество вещества кислорода, выделившегося в результате реакции. | 1 |
| 5. | Вычислен объем кислорода, полученного из 1 кг пероксида натрия. | 1 |
| Итого | | 8 |



Задача 4 (12 баллов). При нитровании бензола объемом 26,6 мл получена смесь нитробензола и динитробензола общей массой 39,6 г. Бензол прореагировал полностью. Определите молярную долю нитробензола (в %) в полученной смеси. Плотность бензола – 0,879 г/мл.

Решение

Уравнения реакций:



Пусть в реакцию (1) вступило x моль бензола, а в реакцию (2) – y моль бензола. Тогда в результате реакций образовалось x моль нитробензола и y моль динитробензола.

Масса бензола равна $26,6 \cdot 0,879 = 23,3814$ г. $M(\text{C}_6\text{H}_6) = 78$ г/моль.
Количество вещества C_6H_6 равно $23,3814 : 78 = 0,29976 \approx 0,3$ моль.

$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 123$ г/моль; $M(\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2) = 168$ г/моль.

Составляем систему уравнений:

$$x + y = 0,3$$

$$123x + 168y = 39,6$$

Откуда $x = 0,24$ моль, $y = 0,06$ моль. Молярная доля нитробензола равна $0,24 : 0,3 = 0,8$ или 80 %.

Критерии оценивания

| Критерии оценивания задания 4 | | |
|-------------------------------|---|-------|
| Элемент решения | | Баллы |
| 1. | Записано уравнение реакции нитрования бензола с образованием нитробензола (1). | 2 |
| 2. | Записано уравнение реакции нитрования бензола с образованием динитробензола (2). | 2 |
| 3. | Рассчитана масса бензола и количество вещества бензола. | 2 |
| 4. | Рассчитаны молярные массы нитробензола и динитробензола. | 1 |
| 5. | Составлена система уравнений с двумя неизвестными. | 2 |
| 6. | Рассчитаны количества веществ нитробензола и динитробензола и определена молярная доля нитробензола в полученной смеси. | 3 |
| Итого | | 12 |



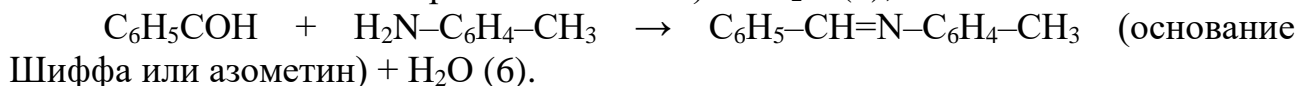
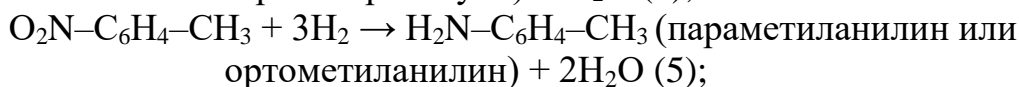
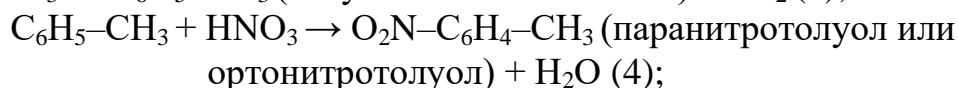
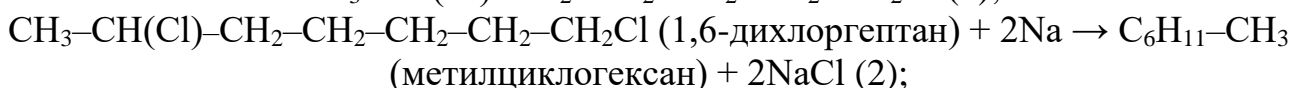
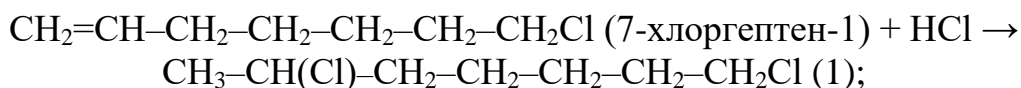
Задача 5 (20 баллов). Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме превращений:



При написании уравнений используйте структурные формулы органических веществ. Назовите участвующие в реакциях органические вещества.

Решение

Уравнения реакций:



Критерии оценивания

| Критерии оценивания задания 5 | | |
|-------------------------------|--|-------|
| Элемент решения | | Баллы |
| 1. | Записаны уравнения реакций (по 1 баллу за каждую реакцию). | 6 |
| 2. | Указаны названия участвующих в реакциях веществ (по 2 балла за каждое вещество). | 14 |
| Итого | | 20 |



Задача 6 (20 баллов). Как известно, целлюлоза является природным сырьем для изготовления бездымного пороха, который получают при взаимодействии целлюлозы с азотной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты. Бездымный порох представляет собой сложный эфир – высоко замещенный нитрат целлюлозы, разлагающийся мгновенно при детонации по уравнению Сарро и Виелля:



Температура при этом повышается до 250 °С. Рассчитайте величину давления, возникающего внутри патрона объемом 3 см³, полностью заполненного порохом плотностью 1,5 г/см³ в момент его детонации при выстреле.

Решение

Молярная масса бездымного пороха равна $x(12 \cdot 24 + 1 \cdot 29 + 14 \cdot 11 + 16 \cdot 42) = x(288 + 29 + 154 + 672) = 1143x$. Масса пороха в патроне $3 \cdot 1,5 = 4,5$ г, количество вещества пороха равно $4,5/1143x$. В соответствии с уравнением разложения пороха суммарное количество вещества образующихся газов (n) равно: $(12 + 12 + 8,5 + 5,5 + 6)x \cdot (4,5/1143x) = (44 \cdot 4,5/1143) = 22/127 \approx 0,1732$ моль.

Давление рассчитываем по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$PV = nRT$$

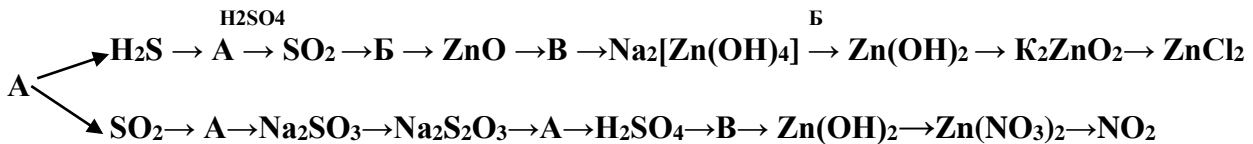
$$P = nRT/V = 0,1732 \cdot 8,314 \cdot (250 + 273)/3 \cdot 10^{-6} = 251,04 \cdot 10^6 \text{ Па или } \approx 251 \cdot 10^3 \text{ кПа.}$$

Критерии оценивания

| Критерии оценивания задания 6 | | |
|-------------------------------|---|-------|
| Элемент решения | | Баллы |
| 1. | Рассчитана молярная масса пороха. | 3 |
| 2. | Рассчитана масса пороха в патроне. | 1 |
| 3. | Выражено количество вещества пороха в патроне. | 4 |
| 4. | Рассчитано суммарное количество вещества газов, образующихся при разложении пороха. | 6 |
| 5. | С использованием уравнения Менделеева-Клапейрона рассчитано давление, возникающее внутри патрона в момент выстрела. | 6 |
| Итого | | 20 |



Задача 7 (30 баллов). Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Решение

Уравнения реакций:

- 1) $\text{S}(\text{A}) + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{S}$
- 2) $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_{2(\text{недостаток})} = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = 3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{SO}_2 + \text{C} = \text{S} + \text{CO}_2(\text{B})$
- 5) $\text{CO}_2 + 2\text{Zn} = 2\text{ZnO} + \text{C}$
- 6) $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4(\text{B}) + \text{H}_2\text{O}$
- 7) $\text{ZnSO}_4 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 8) $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{CO}_2 = \text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{NaHCO}_3$
- 9) $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{KOH}(\text{ТВ}) = \text{K}_2\text{ZnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 10) $\text{K}_2\text{ZnO}_2 + 4\text{HCl} = 2\text{KCl} + \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 11) $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$
- 12) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S}(\text{A}) + 2\text{H}_2\text{O}$
- 13) $3\text{S} + 6\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{Na}_2\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 14) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- 15) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{S}\downarrow(\text{A}) + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 16) $\text{S} + 6\text{HNO}_{3(\text{конц})} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 17) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn}(\text{OH})_2 = \text{ZnSO}_4(\text{B}) + 2\text{H}_2\text{O}$
- 18) $\text{ZnSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 19) $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 20) $2\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{ZnO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$



Критерии оценивания

| Критерии оценивания задания 7 | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-------|
| Элемент решения | | Баллы |
| 1. | Записано уравнение реакции 1. | 1 |
| 2. | Записано уравнение реакции 2. | 2 |
| 3. | Записано уравнение реакции 3. | 1 |
| 4. | Записано уравнение реакции 4. | 2 |
| 5. | Записано уравнение реакции 5. | 2 |
| 6. | Записано уравнение реакции 6. | 1 |
| 7. | Записано уравнение реакции 7. | 2 |
| 8. | Записано уравнение реакции 8. | 2 |
| 9. | Записано уравнение реакции 9. | 1 |
| 10. | Записано уравнение реакции 10. | 2 |
| 11. | Записано уравнение реакции 11. | 1 |
| 12. | Записано уравнение реакции 12. | 2 |
| 13. | Записано уравнение реакции 13. | 2 |
| 14. | Записано уравнение реакции 14. | 1 |
| 15. | Записано уравнение реакции 15. | 2 |
| 16. | Записано уравнение реакции 16. | 2 |
| 17. | Записано уравнение реакции 17. | 1 |
| 18. | Записано уравнение реакции 18. | 1 |
| 19. | Записано уравнение реакции 19. | 1 |
| 20. | Записано уравнение реакции 20. | 1 |
| Итого | | 30 |