

**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2015-2016уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

**Химия
Финальный тур
9 класс**

Задание №1. Медную пластинку массой 40 г выдержали некоторое время в растворе нитрата ртути(II). Масса пластинки возросла до 45.46 г. После этого пластинку нагрели до постоянной массы без доступа воздуха. Определите окончательную массу пластинки.

(25 баллов)

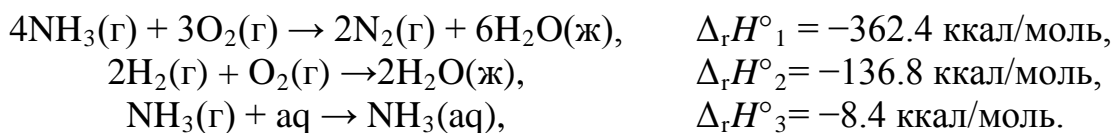
Задание №2. Железную окалину массой 7.656 г обработали концентрированной азотной кислотой (объемом 31.9 см³, массовой долей 70%, плотностью 1.41 г/см³). Определите массовые доли веществ в образовавшемся растворе.

(30 баллов)

Задание №3. Даны вещества: нитрат калия, соляная кислота, оксид марганца(IV), гидроксид натрия, кремний. Напишите уравнения возможных реакций между этими веществами, укажите условия их протекания.

(15 баллов)

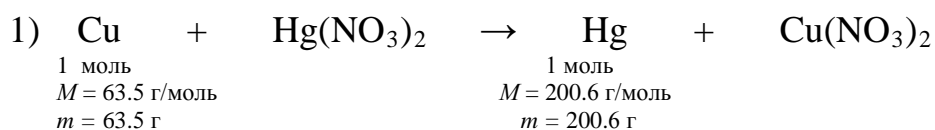
Задание №4. Рассчитайте стандартные энтальпии образования газообразного аммиака и его водного раствора при комнатной температуре по энтальпиям следующих реакций:



(30 баллов)

Решения

Задание №1.



2) Находим изменение массы (Δm_1) медной пластинки, вытекающее из уравнения реакции:

$$\Delta m_1 = m(\text{Hg}) - m(\text{Cu}) = 200.6 - 63.5 = 137.1 \text{ (г)} \approx 137 \text{ (г)}$$

3) Определяем изменение массы (Δm_2) медной пластинки, исходя из условия задачи:

$$\Delta m_2 = m(\text{Cu, Hg}) - m_0(\text{Cu}) = 45.46 - 40 = 5.46 \text{ (г)}$$

4) Вычисляем массу ртути, которая осадилась на медной пластинке:

при Δm_1 137 г осадилось 200.6 г Hg;

при Δm_2 5.46 г осадилось x г Hg;

$$x = 8 \text{ г Hg}$$

5) Находим окончательную массу пластинки. При нагревании пластинки (Cu, Hg) без доступа воздуха ртуть улетучится, поэтому:

$$m(\text{пластинки}) = m(\text{Cu, Hg}) - m(\text{Hg}) = 45.46 - 8 = 37.46 \text{ (г)}.$$

Ответ: $m(\text{пластинки}) = 37.46 \text{ г}$.

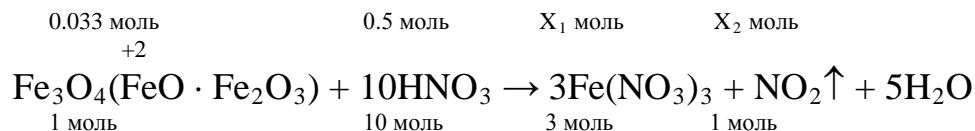
Примечание:

За правильное решение каждого элемента – по 5 баллов.

Итого: 25 баллов.

Задание №2.

- 1) $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = m/M = 7.656/232 = 0.033$ (моль).
- 2) $m(\text{p-ра HNO}_3) = V(\text{p-ра}) \cdot \rho = 31.9 \cdot 1.41 = 45$ (г).
 $m(\text{HNO}_3) = m(\text{p-ра}) \cdot \omega(\text{HNO}_3) = 45 \cdot 0.7 = 31.5$ (г).
 $n(\text{HNO}_3) = m/M = 0.5$ (моль).
- 3) Запишем уравнение реакции:



Согласно уравнению реакции, $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) : n(\text{HNO}_3) = 1 : 10$, тогда как по условию задачи $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) : n(\text{HNO}_3) = 0.033 : 0.5$. Следовательно, азотная кислота дана в избытке.

4) Находим массу образовавшегося $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (X_1). Согласно уравнению реакции $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) : n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 1 : 3$. Следовательно:

$$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0.033 \cdot 3 = 0.099 \text{ (моль)}.$$

$$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = n \cdot M = 0.099 \cdot 242 = 24 \text{ (г)}.$$

5) Определим массу выделившегося NO_2 (X_2). Из уравнения реакции следует, что $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) : n(\text{NO}_2) = 1 : 1$. Тогда $n(\text{NO}_2) = 0.033$ моль.

$$m(\text{NO}_2) = n \cdot M = 0.033 \cdot 46 = 1.52 \text{ (г)}.$$

6) Рассчитаем количество вступившей в реакцию HNO_3 :

$$n_{\text{вступ.}}(\text{HNO}_3) = 0.033 \cdot 10 = 0.33 \text{ (моль)}.$$

7) Находим массу оставшейся в растворе HNO_3 :

$$n_{\text{ост.}}(\text{HNO}_3) = n_{\text{общ.}}(\text{HNO}_3) - n_{\text{вступ.}}(\text{HNO}_3) = 0.5 - 0.33 = 0.17 \text{ (моль)}.$$

$$m_{\text{ост.}}(\text{HNO}_3) = n \cdot M = 0.17 \cdot 63 = 10.71 \text{ (г)}.$$

8) Находим массу образовавшегося после реакций раствора:

$$m_{\text{обр. p-ра}} = m(\text{p-ра HNO}_3) + m(\text{Fe}_3\text{O}_4) - m(\text{NO}_2) = 45 + 7.656 - 1.52 = 51.136 \text{ (г)}.$$

9) Определяем массовые доли $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ и HNO_3 в образовавшемся растворе:

$$\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)/m_{\text{обр. p-ра}} = 24/51.136 = 0.47 \text{ или } 47\%.$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = m_{\text{ост.}}(\text{HNO}_3)/m_{\text{обр. p-ра}} = 10.71/51.136 = 0.21 \text{ или } 21\%.$$

Ответ: $\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 47\%$; $\omega(\text{HNO}_3) = 21\%$.

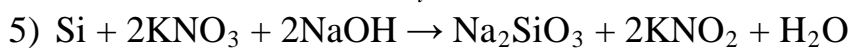
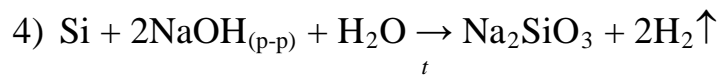
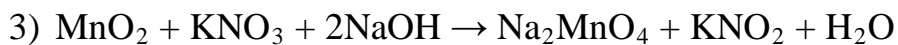
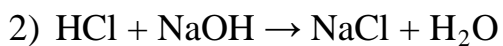
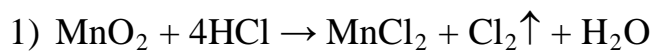
Примечание:

- 1) За правильную запись уравнения реакции – 5 баллов.
- 2) За правильное нахождение исходных количеств Fe_3O_4 и HNO_3 – 5 баллов.
- 3) За правильное нахождение массы образовавшегося раствора – 10 баллов.
- 4) За вычисления массовых долей веществ в получившемся растворе – 10 баллов.

Итого: 30 баллов.

Задание №3.

Между веществами: нитрат калия, соляная кислота, оксид марганца(IV), гидроксид натрия, кремний возможны реакции:



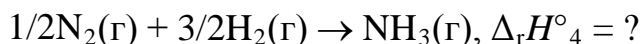
Примечание:

За правильное написание уравнений реакций – 15 баллов (по 3 балла за каждое уравнение).

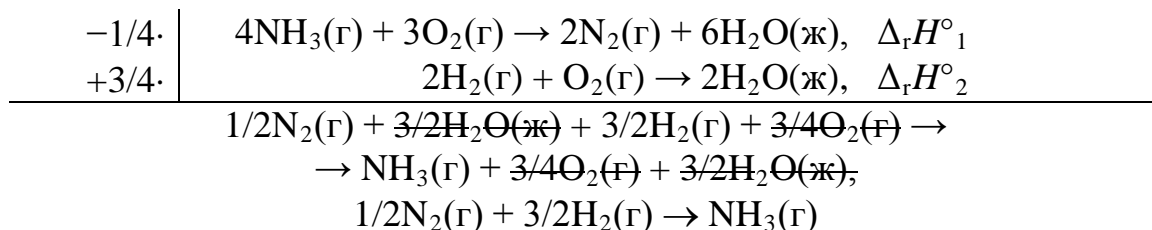
Итого: 15 баллов.

Задание №4.

1) Запишем уравнение реакции образования газообразного аммиака из простых веществ



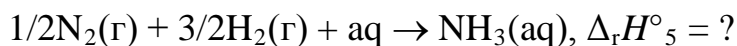
2) В соответствии с законом Гесса стандартную энтальпию образования газообразного аммиака можно рассчитать из первых двух реакций:



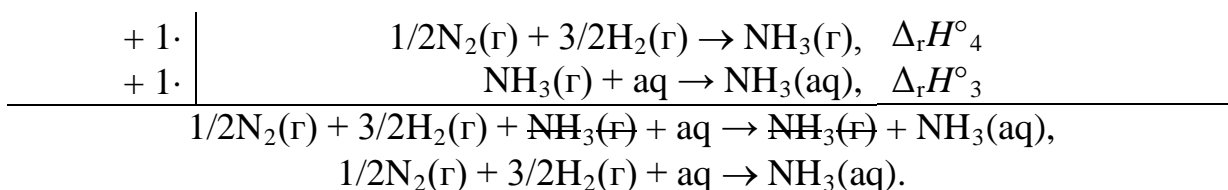
3) Все, что было сделано с термохимическими уравнениями, необходимо сделать с энтальпиями этих реакций:

$$\Delta_r H^\circ_4 = -1/4\Delta_r H^\circ_1 + 3/4\Delta_r H^\circ_2 = 1/4 \cdot 362.4 - 3/4 \cdot 136.8 = -12.0 \text{ ккал/моль.}$$

4) Запишем уравнение реакции образования водного раствора аммиака



5) Стандартную энтальпию образования водного раствора аммиака можно рассчитать, составив цикл Гесса из следующих термохимических уравнений:



6) Все, что было сделано с термохимическими уравнениями, необходимо сделать с энтальпиями этих реакций:

$$\Delta_r H^\circ_5 = \Delta_r H^\circ_4 + \Delta_r H^\circ_3 = -12.0 - 8.4 = -20.4 \text{ ккал/моль.}$$

Ответ: -12.0 ккал/моль; -20.4 ккал/моль.

Примечание:

1) За правильную запись уравнения реакции образования газообразного аммиака из простых веществ – 5 баллов.

2) За правильное решение элементов 2 и 3 – 15 баллов.

3) За правильное решение элементов 4, 5 и 6 – 10 баллов.

Итого: 30 баллов.

Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2015-2016уч.г.

г.Саров, Нижегородская область

Химия
Финальный тур
10 класс

Задание №1. Соединения **A**, **B** и **C** – изомерные алканы. Известно, что **A** можно получить гидрированием трех различных алкенов, **B** – гидрированием двух алкенов, а **C** невозможно получить из алкенов. При хлорировании **A** на свету образуется четыре разных монохлорида, **B** – три, а **C** – только один.

1. Запишите соответствующие структурные формулы **A**, **B** и **C**, назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
2. Запишите структурные формулы и названия алкенов, из которых указанные алканы могут быть получены.
3. Приведите уравнения химических реакций, о которых идет речь в задаче, укажите условия, назовите продукты хлорирования.

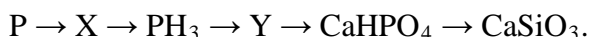
(26 баллов)

Задание №2. При реакции смеси угарного и углекислого газов с избытком пероксида натрия образуются два продукта – газ объемом 50.0 мл (н.у.) и твердое вещество массой 2.36 г.

1. Запишите уравнения реакций компонентов исходной смеси с пероксидом натрия.
2. Рассчитайте объем исходной смеси в мл при н.у.
3. Установите формулу и рассчитайте массу вещества, которое получится при пропускании исходной смеси через 160 мл 0.0250 моль/л раствора гидроксида калия.

(24 балла)

Задание №3. Запишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



Назовите вещества X, Y.

(12 баллов)

Задание №4. Определите энтальпию нейтрализации соляной кислоты гидроксидом натрия, если при смешении 8.74 г раствора HCl, содержащего на 1 моль HCl 46.5 моль H₂O, с раствором, содержащим 1 моль NaOH в 1065 моль H₂O, выделилось 138.3 кал теплоты. При смешении того же количества кислоты с 192.1 г H₂O выделилось 3.5 кал теплоты.

(21 балл)

Задание №5. Определите строение ароматического углеводорода, в составе которого содержится 90% углерода, если известно, что при окислении его перманганатом калия образуется бензолтрикарбоновая кислота, а при бромировании в присутствии FeBr₃ – только одно монобромпроизводное. Напишите уравнения протекающих реакций.

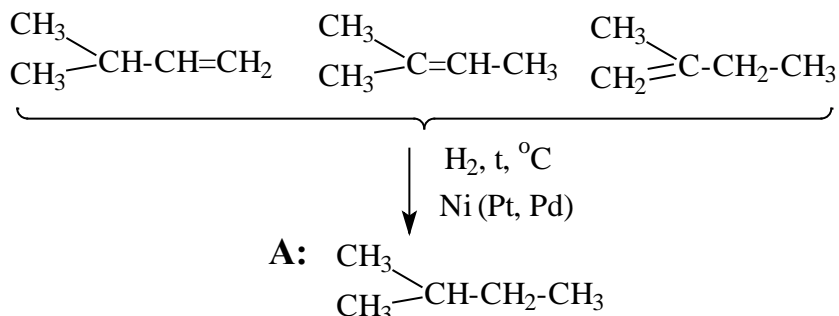
(17 баллов)

ешения

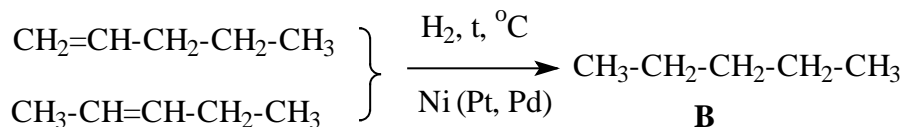
Задание №1.

1. Исходные алканы: **A** – 2-метилбутан (изопентан) $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$; **B** – пентан $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$; **C** – 2,2-диметилпропан (нео-пентан) $\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_3$.

2. Соединение **A** получается при гидрировании следующих алкенов: 3-метилбутена-1, 2-метилбутена-2 и 2-метилбутена-1:

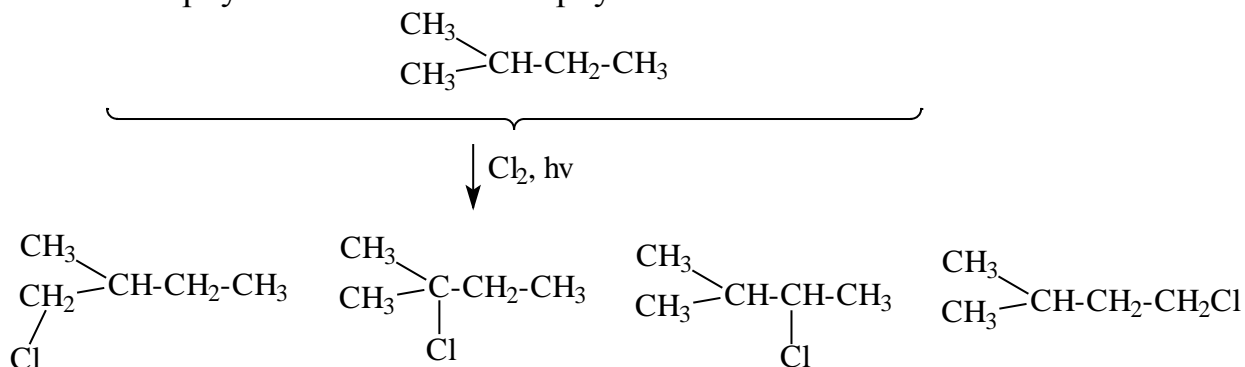


Пентан (**B**) получается при гидрировании двух изомерных алкенов: пентена-1 или пентена-2:

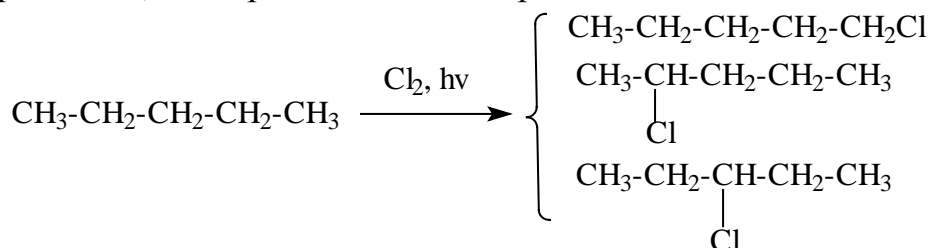


Нео-пентан (**C**) невозможно получить гидрированием алкенов.

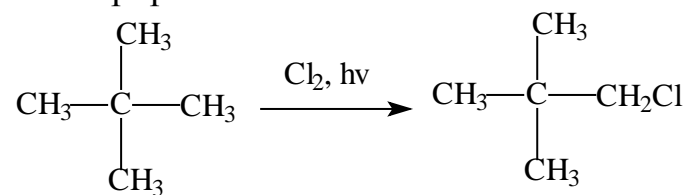
3. При хлорировании изопентана (**A**) образуется четыре монохлорпроизводных: 2-метил-1-хлорбутан, 2-метил-2-хлорбутан, 3-метил-2-хлорбутан и 3-метил-1-хлорбутан:



Хлорирование пентана (**B**) приводит к образованию 3-х соединений: 1-хлорпентана, 2-хлорпентана и 3-хлорпентана:



При хлорировании алкана (С) – неопентана – образуется 2,2-диметил-1-хлорпропан:



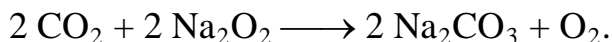
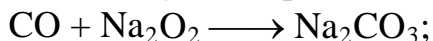
Примечание:

- 1) За решение элемента 1 – 8 баллов.
- 2) За решение элемента 2 – 8 баллов.
- 3) За решение элемента 3 – 10 баллов.

Итого: 26 баллов.

Задание №2.

1) При взаимодействии компонентов исходной смеси с пероксидом натрия протекают следующие реакции:



2) Из второго уравнения следует, что объем углекислого газа равен удвоенному объему кислорода, т.е. 100 мл. Найдем количество углекислого газа по следствию из закона Авогадро:

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2)/V_m = 0.100 \text{ л} / 22.4 \text{ л/моль} = 0.004464 \text{ моль}.$$

Количество карбоната натрия, образовавшегося по второй реакции равно количеству углекислого газа, т.е. $n_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.004464$ моль.

Рассчитаем общее количество карбоната натрия:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2.36 / 106 = 0.02226 \text{ моль}.$$

Следовательно, в первой реакции образуется карбоната натрия:

$$n_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) - n_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.02226 - 0.004464 = 0.01780$$

моль. Это количество равно количеству угарного газа, т.е. $n(\text{CO}) = 0.01780$ моль. Тогда объем угарного газа при н.у. равен:

$$V(\text{CO}) = n(\text{CO}) \cdot V_m = 0.01780 \cdot 22.4 = 0.3987 \text{ л} \approx 400 \text{ мл}.$$

Тогда общий объем исходной смеси равен:

$$V(\text{смеси}) = V(\text{CO}) + V(\text{CO}_2) = 400 + 100 = \mathbf{500 \text{ мл}}.$$

3) Угарный газ с раствором гидроксида калия не реагирует. Углекислый газ при этом образует либо карбонат калия, если гидроксид калия в избытке, либо гидрокарбонат калия, если углекислый газ в избытке. Из условия задачи видно, что смесь веществ образоваться не может.

Рассчитаем количество гидроксида калия:

$$n(\text{KOH}) = C(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH}) = 0.0250 \cdot 0.160 = 0.00400 \text{ моль}.$$

Сравнивая количества углекислого газа и гидроксида калия, делаем вывод, что продуктом реакции является гидрокарбонат калия:



Его количество равно количеству гидроксида калия, тогда:

$$m(\text{KHCO}_3) = M(\text{KHCO}_3) \cdot n(\text{KHCO}_3) = M(\text{KHCO}_3) \cdot n(\text{KOH}) = \\ = 100 \cdot 0.00400 = \mathbf{0.400 \text{ г}}.$$

Примечание:

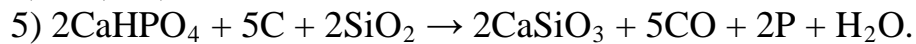
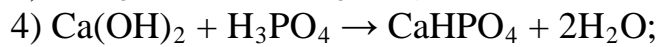
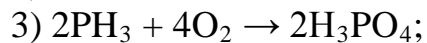
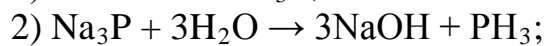
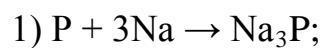
1) За запись уравнений реакций (элемент 1) – 4 балла.

2) За правильное решение элемента 2 – 10 баллов.

3) За правильное решение элемента 3 – 10 баллов.

Итого: 24 балла.

Задание №3.



Примечание:

1) За правильно записанные уравнения реакций – 10 баллов (по 2 балла за каждое уравнение).

2) За названия веществ X и Y – 2 балла.

Итого: 12 баллов.

Задание №4.

1) Рассчитаем количество молей HCl в растворе

$$m(1 \text{ моль HCl} + 46.5 \text{ моль H}_2\text{O})_{\text{р-ра}} = 36.5 + 18 \cdot 46.5 = 873.5 \text{ г,}$$

$$1 \text{ моль HCl} \quad \text{—} \quad 873.5 \text{ г раствора}$$

$$x \text{ моль} \quad \text{—} \quad 8.74 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = 8.74/873.5 \approx 0.01 \text{ моль.}$$

2) Установим, сколько энергии в форме теплоты выделяется на 1 моль HCl в процессе нейтрализации соляной кислоты гидроксидом натрия:

$$q_1 = 138.3/0.01 = 13830 \text{ кал/моль.}$$

3) Вычислим, сколько энергии в форме теплоты выделяется на 1 моль HCl в процессе смешения кислоты с водой:

$$q_2 = 3.5/0.01 = 350 \text{ кал/моль.}$$

4) Если пренебречь энтальпией разбавления NaOH и принять, что состояние HCl и NaOH в исследуемых растворах не отличается от состояния в разбавленном растворе:

$$q_1 = -\Delta_{\text{нейтр.}}H^\circ + q_2,$$
$$\Delta_{\text{нейтр.}}H^\circ = q_2 - q_1 = 350 - 13830 = -13480 \text{ кал.}$$

Ответ: –13480 кал.

Примечание:

1) За расчет количества HCl в растворе – 5 баллов.

2) За решение элемента 2 – 3 балла.

3) За решение элемента 3 – 3 балла.

4) За определение энтальпии нейтрализации – 10 баллов.

Итого: 21 балл.

Задание №5.

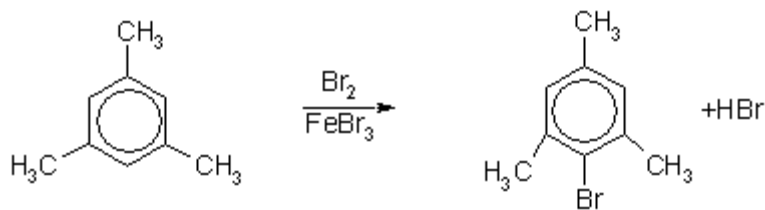
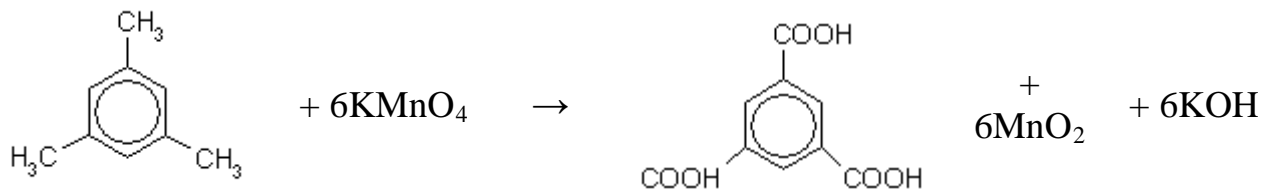
1) Установим химическую формулу ароматического углеводорода (C_xH_y):

$$x : y = [W(C)/M(C)] : [W(H)/M(H)] = (90/12) : (10/1) = 9 : 12.$$

То есть, углеводород имеет формулу C_9H_{12} .

2) Условие задачи удовлетворяет углеводород – 1,3,5-триметилбензол.

3) Запишем уравнения протекающих реакций:



Примечание:

1) За определение молекулярной формулы вещества C_9H_{12} – 2 балла.

2) За установление формулы вещества – 1,3,5-триметилбензол – 5 баллов.

3) За запись уравнений реакций – 10 баллов (по 5 баллов за каждое уравнение).

Итого: 17 баллов.

Межрегиональная олимпиада школьников

«Будущие исследователи – будущее науки»

2015-2016уч.г.

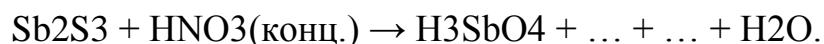
г.Саров, Нижегородская область

Химия

Финальный тур

11 класс

Задание №1. Методом электронного баланса расставьте коэффициенты в следующем уравнении реакции:



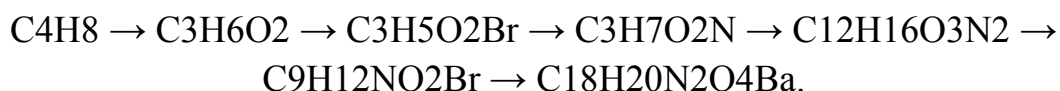
Укажите недостающие продукты реакции, окислитель, восстановитель.

(10 баллов)

Задание №2. К раствору, содержащему 8 г гидроксида натрия, прилили раствор, содержащий 9.8 г серной кислоты. После осторожного выпаривания в колбе осталось 32.2 г сухого твердого вещества. Объясните результаты опыта. Какое соединение осталось в колбе?

(16 баллов)

Задание №3. Запишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



Напишите структурные формулы всех веществ, укажите условия протекания реакций.

(24 балла)

Задание №4. Смесь пропанола-1 и неизвестного альдегида общей массой 1.17 г обработали при нагревании аммиачным раствором 5.80 г оксида серебра. Выпавший при этом осадок отфильтровали, а непрореагировавший оксид серебра перевели в хлорид серебра, масса которого оказалась равной 2.87 г. Определите строение взятого альдегида, если молярное отношение спирта к альдегида в исходной смеси равно 1:3.

(20 баллов)

Задание №5. Смесь фуллерена C₆₀ и водорода в газовой фазе при температуре 500°C и давлении 200 МПа имеет плотность 7.517 кг/л. После установления равновесия в системе

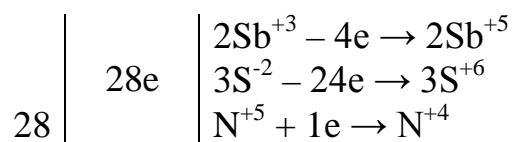
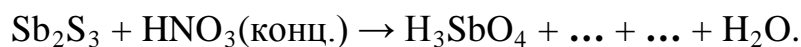


плотность газовой смеси возросла на 30.5% (при тех же условиях). Вычислите выход (%) указанной реакции и определите ее термодинамическую константу равновесия.

(30 баллов)

Решения

Задание №1.



- 1) Sb₂S₃ – восстановитель, HNO₃ – окислитель.
- 2) Недостающие продукты: NO₂ и H₂SO₄.



Примечание:

- 1) Правильное указание окислителя и восстановителя – 3 балла.

- 2) Правильное составление электронного баланса реакции – 3 балла.
3) Правильный подбор коэффициентов в уравнении реакции – 4 балла.

Итого: 10 баллов.

Задание №2.

1) Определим количество вещества гидроксида натрия и серной кислоты:

$$n(\text{NaOH}) = 8/40 = 0.2 \text{ моль.}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9.8/98 = 0.1 \text{ моль.}$$

Таким образом, NaOH взят в избытке.

2) Запишем уравнение реакции:



3) $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.1$ моль.

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.1 \cdot 142 = 14.2$ г, что меньше 32.2 г. Таким образом, в результате протекающих процессов может происходить образование кристаллогидрата сульфата натрия ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Проверим это предположение:

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 142 + 180 = 322 \text{ г/моль.}$$



Согласно (2), $m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0.1 \cdot 322 = 32.2$ г, что соответствует массе сухого твердого вещества, оставшегося в колбе после выпаривания.

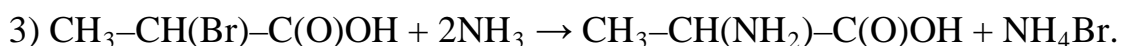
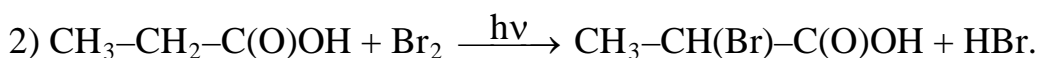
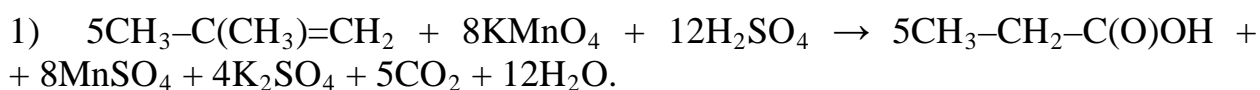
Ответ: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

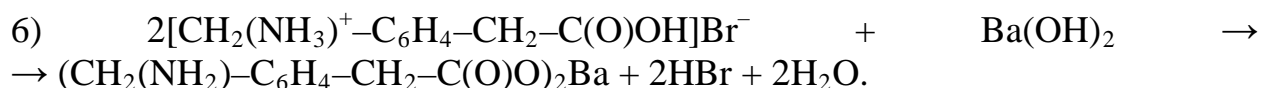
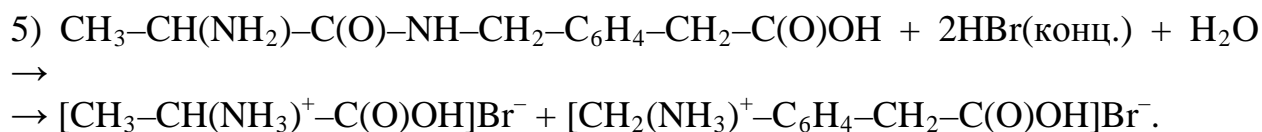
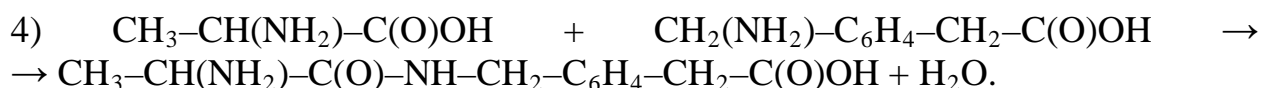
Примечание:

- 1) За правильно выполненный первый элемент решения – 2 балла.
2) За правильно записанные уравнения реакций (1) и (2) – 4 балла (по 2 балла за каждое уравнение).
3) За предположение об образовании кристаллогидрата сульфата натрия, установление его формулы и подтверждение расчетами – 10 баллов.

Итого: 16 баллов.

Задание №3.





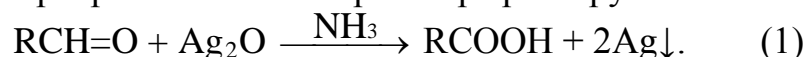
Примечание:

- 1) За каждое правильное уравнение реакции – по 3 балла.
- 2) За правильно записанные структурные формулы веществ – 4 балла.
- 3) За правильное указание условий протекания реакций – 2 балла.

Итого: 24 балла.

Задание №4.

- 1) С оксидом серебра в аммиачном растворе реагирует только альдегид:



Непрореагировавший Ag_2O перевели в AgCl действием избытка соляной кислоты:



- 2) Определим количество хлорида серебра:

$$n(\text{AgCl}) = 2.87/143.5 = 0.02 \text{ моль}.$$

В реакцию (2) вступило $0.02/2 = 0.01$ моль Ag_2O .

Определим общее количество оксида серебра:

$$n_{\text{общ.}}(\text{Ag}_2\text{O}) = 5.80/232 = 0.025 \text{ моль}. \text{ Следовательно, в реакцию (1) вступило} \\ 0.025 - 0.01 = 0.015 \text{ моль } \text{Ag}_2\text{O}.$$

- 3) Как видно из уравнения (1), $n(\text{RCH=O}) = n(\text{Ag}_2\text{O}) = 0.015$ моль.

- 4) Согласно условию задачи, пропанола-1 в смеси было в 3 раза меньше, чем альдегида: $n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) = 0.015/3 = 0.005$ моль.

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) = 0.005 \cdot 60 = 0.3 \text{ г, следовательно:}$$

$$m(\text{RCH=O}) = 1.17 - 0.3 = 0.87 \text{ г}.$$

Молярная масса альдегида: $M(\text{RCH=O}) = 0.87/0.015 = 58 \text{ г/моль}$, что соответствует пропионовому альдегиду $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=O}$.

Ответ: пропионовый альдегид, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=O}$.

Примечание:

- 1) За правильно записанные уравнения реакций (1) и (2) – 4 балла (по 2 балла за каждое уравнение).
- 2) За правильно выполненный второй элемент решения – 6 баллов.

- 3) За правильно выполненный третий элемент решения – 3 балла.
 4) За определение альдегида и его строения – 7 баллов.

Итого: 20 баллов.

Задание №5.

1) Определим среднюю молярную массу исходной смеси по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$M_{\text{cp}} = \rho RT / P = 7517 \cdot 10^3 \cdot 8.314 \cdot 773 / 200 \cdot 10^6 = 241.55 \text{ г/моль.}$$

2) Запишем уравнение реакции и определим соотношения количества вещества в исходной смеси:



Пусть молярная доля фуллерена в исходной смеси $X(\text{C}_{60}) = x$, тогда молярная доля водорода $X(\text{H}_2) = (1-x)$.

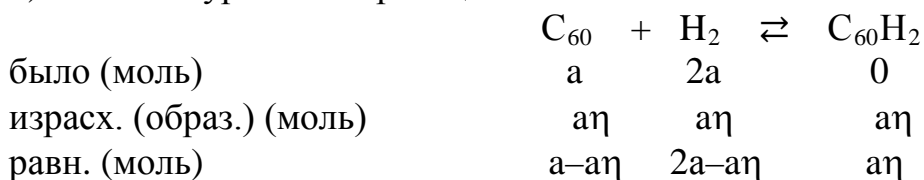
$$M_{\text{cp}} = M(\text{C}_{60}) \cdot X(\text{C}_{60}) + M(\text{H}_2) \cdot X(\text{H}_2)$$

$$M_{\text{cp}} = 720.66 \cdot x + 2 \cdot (1-x) = 241.55$$

$x = 0.333$, т.е. в исходной смеси количество вещества водорода в два раза превышало количества вещества фуллерена C_{60} .

Обозначим исходное количество вещества фуллерена C_{60} "а" моль, тогда исходное количество вещества водорода "2а" моль, а выход реакции гидрирования фуллерена C_{60} – "η".

3) Запишем уравнение реакции и составим баланс химического равновесия:



$$n_{\text{равн}}(\text{смеси}) = а-аη + 2а-аη + аη = 3а-аη = а(3-η).$$

По условию задачи средняя молярная масса газовой смеси возросла в 1.305 раза:

$$M_{\text{cp}}' = 1.305 M_{\text{cp}} = 315.22 \text{ г/моль}$$

$$M_{\text{cp}}' = X_{\text{равн}}(\text{C}_{60}) \cdot M(\text{C}_{60}) + X_{\text{равн}}(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) + X_{\text{равн}}(\text{C}_{60}\text{H}_2) \cdot M(\text{C}_{60}\text{H}_2).$$

$$315.22 = 720.66 \cdot (а-аη) / а(3-η) + 2 (2а-аη) / а(3-η) + 722.66 \cdot аη / а(3-η),$$

откуда выход реакции гидрирования фуллерена C_{60} $η = 0.610$.

4) Запишем для реакции закон действующих масс:

$$K_p = [P(\text{C}_{60}\text{H}_2) / (P(\text{H}_2) \cdot P(\text{C}_{60}))]_{\text{равн}}$$

$$K_p = (3-η) / (P(2-η)(1-η))$$

$$K_p = 4.4 \cdot 10^{-3}.$$

Ответ: $K_p = 4.4 \cdot 10^{-3}$.

Примечание:

1) За определение средней молярной массы исходной смеси – 4 балла.

- 2) За определение соотношения компонентов в исходной смеси – 8 баллов.
- 3) За составление баланса равновесия и расчет выхода реакции – 12 баллов.
- 4) За определение константы равновесия – 6 баллов.

Итого: 30 баллов.