

Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2020-2021 уч. г.

г. Саров, Нижегородская область

Химия

Финальный тур

11 класс

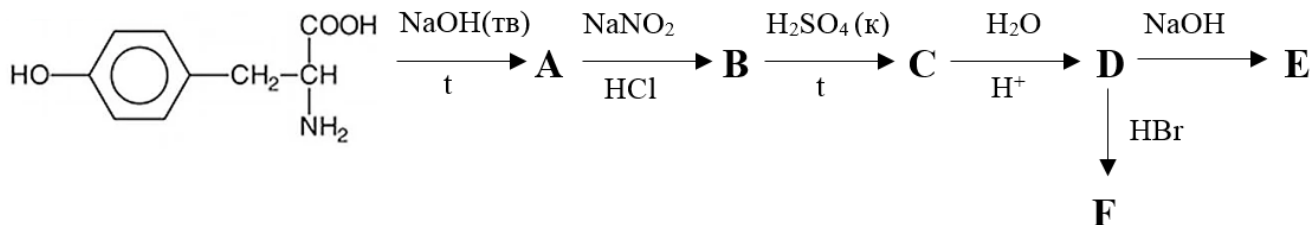
Задание №1. В сосуде объемом 5.0 л находится 1 моль PCl_5 . Сосуд нагрели до некоторой температуры, при этом установилось следующее равновесие:



Константа равновесия при этой температуре равна 0.04 моль/л. Рассчитайте число молей газообразного PCl_3 в равновесной смеси.

15 баллов

Задание №2. Запишите уравнения реакций, соответствующих приведенным ниже превращениям. Расшифруйте неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций. В уравнениях используйте структурные формулы веществ.



30 баллов

Задание №3. В результате термического разложения некоторого вещества X оранжевого цвета при 180°C в реакторе объемом 2 л установилось давление 2.45 атм. Масса твердой части при этом уменьшилась на 1 г. После охлаждения реактора до комнатной температуры (25°C, 1 атм) количество вещества, находящегося в газовой фазе, уменьшилось до 0.01 моль, а масса до 0.28 г. Твердый продукт разложения зеленого цвета сплавляли с избытком щелочи, растворили в воде и обработали избытком пероксида водорода. В полученном желтом растворе создали слабощелочную среду и прилили избыток раствор хлорида бария. Это привело к осаждению 5.06 г осадка желтого цвета с общей формулой следующего вида BaMeO_4 . Установите химическую формулу и массу X. Запишите уравнения протекающих химических реакций.

30 баллов

Задание №4. При полном сгорании раствора нитробензола и анилина в этиловом спирте с массовой долей нитробензола – 37,16% выделилось 2,24 л азота (н.у.). Тепловой эффект реакции составил 991,2 кДж. Определите массовые доли анилина и спирта в растворе, если известно, что теплоты сгорания нитробензола, анилина и этанола соответственно равны 3095, 3392 и 1370 кДж/моль. Какой объём 25%-го раствора NaOH ($\rho = 1,28$ г/мл) необходим для полного поглощения выделившегося оксида углерода(IV)?

25 баллов

Задание №1

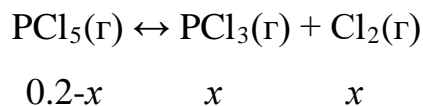


1. Константа равновесия этой газофазной реакции имеет вид:

$$K = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

Молярная концентрация PCl_5 в сосуде $[\text{PCl}_5] = 1/5 = 0.2$ моль/л.

2. При достижении равновесия концентрации веществ будут следующие:



3. Выразим константу равновесия через эти концентрации и решим полученное квадратное уравнение, из двух корней выбрав положительный:

$$K = 0.04 = x^2/(0.2-x)$$

$$x^2 + 0.04x - 0.008 = 0$$

$$x = 0.072 \text{ моль/л}$$

4. В 5 л находится $0.072 \cdot 5 = 0.36$ моль PCl_3

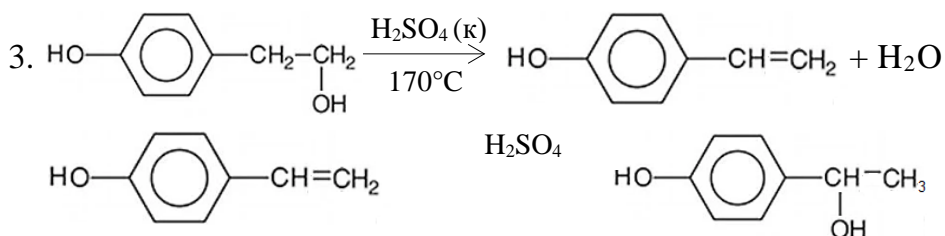
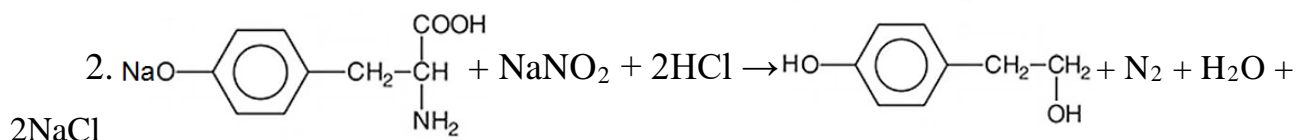
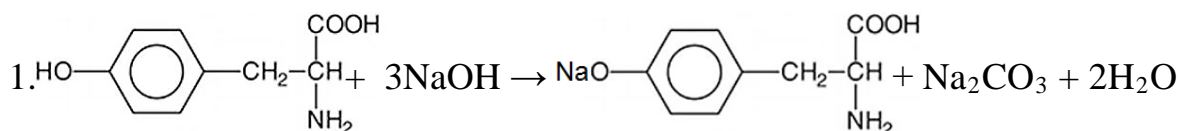
Примечание:

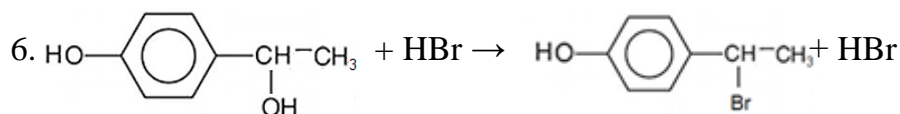
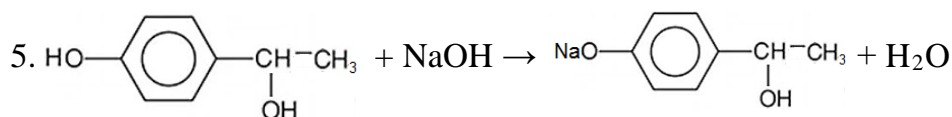
а) За выражение константы равновесия реакции (пункты 1-3) - 12 баллов

б) За расчет числа молей газообразного PCl_3 - 3 балла

Итого: 15 баллов

Задание №2





Примечание:

За составление уравнений 1-6 - 30 баллов (по 5 баллов за каждое уравнение)

Итого: 30 баллов

Задание №3

1. Увеличение давления в реакторе при 180°C до 2.45 атм связано с образованием газообразных продуктов термического разложения **X**, а также с расширением воздуха при нагревании. Давление воздуха при температуре 180°C можно найти из соотношения: $P_1/T_1 = P_2/T_2$.

$$1 \text{ атм}/298\text{K} = P_2/453\text{K}, P_2 = 1.52 \text{ атм}$$

2. Давление паров продуктов термического разложения вещества **X**, находящихся при этих условиях в газовой фазе:

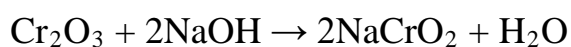
$$n = PV/RT = 0.93 \text{ атм} \cdot 2\text{л}/(0.082 \text{ л} \cdot \text{атм}/\text{моль} \cdot \text{K} \cdot 453\text{K}) = 0.05 \text{ моль.}$$

3. При комнатной температуре в газовой фазе содержится 0.01 моль вещества массой 0.28 г. Отсюда можно найти молярную массу газообразного продукта:

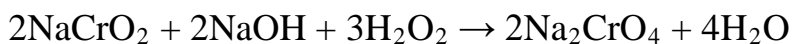
$$n = m/M; M = 0.28/0.01 = 28 \text{ г}/\text{моль. Это } \text{N}_2 \text{ или } \text{CO.}$$

4. Тот факт, что количество газообразных продуктов термического разложения **X** уменьшилось при охлаждении до 25°C свидетельствует о конденсации жидкости. Молярная масса образовавшейся жидкости: $M = m/n = (1 - 0.28)/0.04 = 18 \text{ г}/\text{моль. Это вода.}$

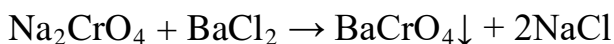
5. Твердый продукт реакции разложения, который имеет зеленый цвет - это Cr_2O_3 . При сплавлении его со щелочью протекает реакция:



При добавлении к щелочному раствору хромита натрия NaCrO_2 избытка пероксида водорода образуется желтый раствор хромата натрия:



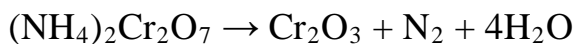
Хромат натрия количественно осаждается из раствора с добавлением хлорида бария:



$$n(\text{BaCrO}_4) = m/M = 5.06/253 = 0.02 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 0.5n(\text{NaCrO}_2) = 0.5n(\text{BaCrO}_4) = 0.01 \text{ моль.}$$

б. Оценивая все известные данные и расчетные величины в совокупности можно сделать вывод о качественном и количественном составе продуктов термического разложения и химической формуле исходного вещества. Таким образом, исходное вещество - дихромат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Он разлагается в соответствии с уравнением:



$$n((\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = n(\text{Cr}_2\text{O}_3) = n(\text{N}_2) = 0.01 \text{ моль}$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = n \cdot M = 0.01 \cdot 252 = 2.52 \text{ г}$$

Примечание:

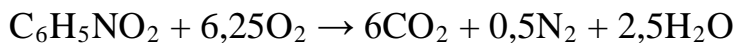
- а) За запись уравнений - 12 баллов (по 3 балла за каждое)
- б) За установление формулы вещества X - 16 баллов
- в) За расчет массы вещества X - 2 балла

Итого: 30 баллов

Задание №4

x моль

6x моль 0,5x моль



1 моль

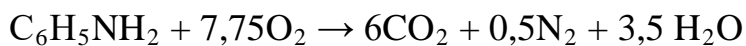
6 моль 0,5 моль

123 г/моль

22,4 л/моль

у моль

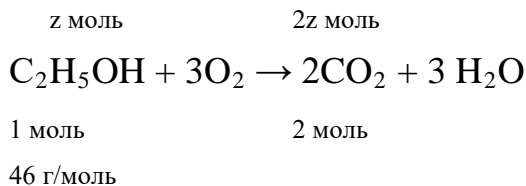
бу моль 0,5у моль



1 моль

6 моль 0,5 моль

93 г/моль



1. $n(\text{N}_2) = 2,24/22,4 \text{ л/моль} = 0,1 \text{ моль}$

$m(\text{раствора}) = 123x:0,3716 = 331x \text{ (г)}$

2. Составим систему уравнений:

$$3095x + 3392y + 1370z = 991,2$$

$$123x + 93y + 46z = 331x$$

$$0,5x + 0,5y = 0,1$$

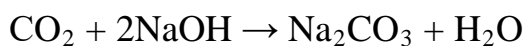
$$x=0,1; y=0,1; z=0,25$$

тогда $m(\text{раствора}) = 331 \cdot 0,1 = 33,1 \text{ г}$

3. $w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,1 \cdot 93:33,1 \cdot 100\% = 28,10\%$

$w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,25 \cdot 46:33,1 \cdot 100\% = 34,74\%$

$n(\text{CO}_2) = 6 \cdot 0,1 + 6 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,25 = 1,7 \text{ моль}$



$$1 \text{ моль} \quad 2 \text{ моль}$$

$n(\text{NaOH}) = 2n(\text{CO}_2) = 1,7 \cdot 2 = 3,4 \text{ моль}$

$V(\text{NaOH}) = 3,4 \cdot 40/1,28 = 425 \text{ мл}$

Примечание:

За запись уравнений реакции – 12 баллов (по 3 за каждое)

За составление и решение системы уравнений – 9 баллов (по 3 за каждое)

За нахождение объема гидроксида натрия – 4 балла

Итого: 25 баллов