

**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2019/20. Химия  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР (90 минут)**

**1 вариант**

**9 класс**

**Задача 9-1**

На весах уравнили два стакана одинаковой массы. В одном из них находился раствор соляной кислоты, а в другом – такая же масса раствора гидроксида натрия. К раствору соляной кислоты добавили 1 г карбоната кальция. Какую массу хлорида аммония необходимо добавить во второй стакан, чтобы равновесие на весах сохранилось?

При расчете примете, что реагенты в стаканах находились в избытке по отношению к добавляемым соединениям, а образующиеся газообразные вещества полностью выделились из растворов.

Напишите уравнения протекающих химических реакций.

**Решение**

В первом стакане протекает реакция:



Масса первого стакана увеличилась на 1 г за счет прибавления карбоната кальция и уменьшилась на массу выделившегося углекислого газа ( $1 \text{ г}/100 \text{ г/моль}$ )- $44 \text{ г/моль} = 0.44 \text{ г}$ . Суммарный прирост массы составил  $1 - 0.44 = 0.56 \text{ г}$ .

Во втором стакане протекает реакция:



Аналогично, масса второго стакана увеличилась на  $x \text{ г}$  за счет прибавления хлорида аммония и уменьшилась на массу выделившегося аммиака ( $x \text{ г}/53.5 \text{ г/моль}$ )- $17 \text{ г/моль}$ . Суммарный прирост массы должен совпадать с первым стаканом:

$$x - (x/53.5) \cdot 17 = 0.56 \text{ г}$$

$$x = 0.82 \text{ г}$$

Таким образом, для уравнивания весов во второй стакан необходимо добавить  $0.82 \text{ г}$  хлорида аммония.

**Разбалловка:**

За уравнения реакций

$$5 \cdot 2 = 10 \text{ б}$$

За вычисления и правильный ответ

$$5 + 10 = 15 \text{ б}$$

**Итого 25 баллов**

**Задача 9-2**

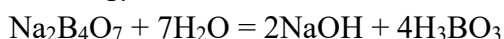
Декагидрат тетрабората натрия  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , известный как бура, является натриевой солью слабой борной кислоты  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Водный раствор этого соединения имеет щелочную среду и используется для установления концентрации кислот.

1. Напишите уравнение химической реакции, протекающей при растворении буры в воде, и объясните, почему водный раствор имеет щелочную среду.

2. Рассчитайте, какую массу  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  необходимо растворить в 100 мл воды, чтобы получить раствор, в котором на 1 атом бора приходится 10 атомов водорода?

**Решение**

1.



В результате гидролиза буры образуется слабая кислота и сильное основание, поэтому водный раствор имеет щелочную среду.

2.

Молярная масса буры равна  $382 \text{ г/моль}$ .

Обозначим массу буры, которую необходимо растворить в 100 мл воды, через  $m$ , тогда число атомов бора в растворе будет равно:

$$N(\text{B}) = (4m/382)N_A = 0.01047mN_A.$$

Число атомов водорода в полученном растворе равно

$$N(H) = N(H)_{\text{из буры}} + N(H)_{\text{из воды}} = [(20m/382) + (2 \cdot 100/18)]N_A = [0.05236m + 11.11]N_A.$$

Из условия задачи:

$$N(H)/N(B) = 10 \text{ или}$$

$$[0.05236m + 0.01111]/[0.01047m] = 10, \text{ отсюда } m = 212.2 \text{ г.}$$

**Разбалловка:**

За написание реакции гидролиза и объяснение основности среды

5+5= 10 б

За расчет массы и правильный ответ

5+10= 15 б

**Итого 25 баллов**

### Задача 9-3

В сосуде объемом 89.6 л при температуре 136.5°C под давлением 1140 мм рт. ст. находится газообразное бинарное соединение некоторого элемента с водородом, и общее число атомов составляет  $72.24 \cdot 10^{23}$ , а электронов -  $43.344 \cdot 10^{24}$ . Выведите формулу вещества. Если оно обладает кислотными или основными свойствами, то запишите для него уравнение реакции нейтрализации. Приведите уравнение одной окислительно-восстановительной реакции с участием этого вещества.

**Решение**

Пусть общая формула вещества будет  $H_x\text{Э}$ , где Э – неметалл 4-7 групп Периодической таблицы.

$$P = 1140 \cdot 101300/760 = 151950 \text{ Па. } T = 273 + 136.5 = 409.5 \text{ К.}$$

Найдем количество вещества  $H_x\text{Э}$ , воспользовавшись уравнением Менделеева-Клапейрона.

$$PV = nRT. n(H_x\text{Э}) = (151950 \cdot 0.0896)/(409.5 \cdot 8.314) = 4 \text{ моль.}$$

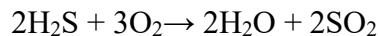
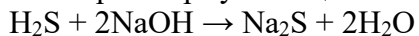
$$\text{Найдем общее количество атомов: } n(\text{атомов}) = (72.24 \cdot 10^{23})/(6.02 \cdot 10^{23}) = 12 \text{ моль.}$$

Значит в 1 моль вещества должно быть 3 моль атомов. Формула должна быть  $H_3\text{Э}$ , где Э – элемент 6 группы главной подгруппы (S, Se, Te).

$$\text{Найдем общее количество электронов: } n(e) = (43.344 \cdot 10^{24})/(6.02 \cdot 10^{23}) = 72 \text{ моль.}$$

Вычтем из него 8 моль электронов, принадлежащих атомам водорода, останется 64 моль электронов, принадлежащих 4 моль элемента. Значит атом элемента содержит 16 электронов.

Это сера. Формула вещества  $H_2S$ .



**Разбалловка:**

За вывод формулы  $H_2\text{Э}$

10 б

За установление формулы  $H_2S$

5 б

За 2 уравнения реакции по 5 б.

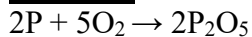
10 б

**Итого 25 баллов**

### Задача 9-4

В 50 мл 40% фосфорной кислоты (плотность 1.47 г/мл) растворили твердый продукт горения фосфора в атмосфере кислорода. В результате массовая доля воды в растворе стала 50%. Определите массу сгоревшего фосфора.

**Решение**



Определим массу исходного раствора.  $m_1(\text{раствор}) = 50 \cdot 1.47 = 73.5 \text{ г.}$

Определим массу кислоты в исходном растворе.  $m_1(H_3PO_4) = 73.5 \cdot 0.4 = 29.4 \text{ г.}$

Пусть в начальный раствор добавлено  $x \text{ г } P_2O_5$ . Его количество равно  $x/142$  моль.

Значит из него образовалось дополнительно  $x/71$  моль  $H_3PO_4$ ,  $m_2(H_3PO_4) = 98 \cdot x/71 = 1.380x \text{ г.}$

Определим общую массу кислоты в конечном растворе:  $m_{1+2}(H_3PO_4) = 29.4 + 1.380x \text{ г.}$

Найдем массу конечного раствора:  $m(\text{раствора } H_3PO_4) = 73.5 + x \text{ г.}$

По массовой доле воды 50% в конечном растворе можно заключить, что массовая доля  $H_3PO_4$  в нем тоже 50%, найдем  $x$ :  $(73.5 + x) = 2(29.4 + 1.380x)$ , т.е.  $x = 8.352 \text{ г.}$

Количество  $P_2O_5$  равно  $x/142 = 8.352/142 = 0.0588$  моль. Значит фосфора сожжено 0.1176

моль, то есть  $m(\text{P}) = 31 \cdot 0.1176 = 3.646$  г.

**Разбалловка:**

За расчет массы сожженного фосфора

15 б

За 2 уравнения реакций по 5 б.

10 б

**Итого 25 баллов**