

## 10 класс

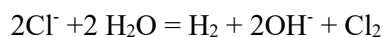
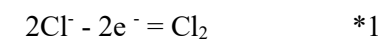
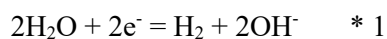
**№ 10-1-2000 респ.** Осадок будет выпадать при  $\text{pH} > 8,39$ .

В 1 л 10%-ного раствора с плотностью  $\rho = 1,07$  г/мл содержится  $\nu(\text{MgCl}_2) = 107 \text{ г} / 95 \text{ г/моль} = 1,126$  моль  $\text{MgCl}_2$ , т.е. молярная концентрация ионов магния  $[\text{Mg}^{2+}] = 1,126$  моль/л. Осадок выпадает при  $[\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 > \text{ПР} = 6,8 \cdot 10^{-12}$ . Следовательно, концентрация ионов  $\text{OH}^-$ , при которой начинает выпадать осадок должна быть равна:

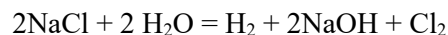
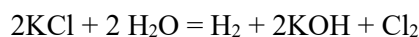
$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\text{ПР} / [\text{Mg}^{2+}]} = 2,457 \cdot 10^{-6}$$

Поскольку  $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$ , то максимальная концентрация  $[\text{H}^+] = 10^{-14} / 2,457 \cdot 10^{-6} = 4,07 \cdot 10^{-9}$  моль/л, и минимальный  $\text{pH}$ :  $\text{pH} = -\lg([\text{H}^+]) = 9 - \lg(4,07) = 8,39$ .

**№ 10-2-2000 респ.** После растворения смеси хлоридов калия и натрия в воде в растворе содержатся ионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Ни ионы калия, ни ионы натрия не восстанавливаются на катоде, а восстанавливаются молекулы воды. На аноде окисляются хлорид-ионы и выделяются хлор:



Полные уравнения реакций электролиза хлорида калия и хлорида натрия:



Обозначим количества вещества хлорида калия, содержащегося в смеси,  $x$  моль, а количества хлорида натрия  $y$  моль. По уравнению реакции при электролизе 2 моль хлорида натрия или калия выделяется 1 моль водорода. Поэтому при электролизе  $x$  моль хлорида калия образуется  $x/2$  или 0,5 моль водорода и соответственно при электролизе  $y$  моль хлорида натрия 0,5 $y$  моль водорода. найдем количество вещества водорода, выделившегося при электролизе смеси:

$$\nu(\text{H}_2) = V(\text{H}_2) / V_M = 33,6 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 1,5 \text{ моль.}$$

Составим уравнение:  $0,5x + 0,5y = 1,5$ . Аналогично составим второе уравнение, связывающее массы хлоридов калия и натрия:  $74,5x + 58,5y = 188,3$ . Решение системы из двух уравнений с двумя неизвестными дает:  $x=0,8$  и  $y=2,2$ .

Таким образом, в смеси содержится 0,8 моль хлорида калия и 2,2 моль хлорида натрия.

Их массы:

$$m(\text{KCl}) = (\text{KCl}) \cdot M(\text{KCl}) = 0,8 \text{ моль} \cdot 74,5 \text{ г/моль} = 59,6 \text{ г.}$$

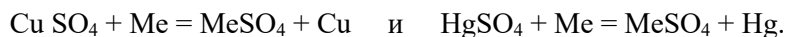
$$m(\text{NaCl}) = (\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = 2,2 \text{ моль} \cdot 58,5 \text{ г/моль} = 128,7 \text{ г.}$$

Массовые доли хлоридов калия и натрия в смеси:

$$\omega(\text{KCl}) = m(\text{KCl}) / m(\text{смеси}) = 59,6 \text{ г} / 188,3 \text{ г} = 0,3165 \text{ или } 31,65\%.$$

$$\omega(\text{NaCl}) = 100\% - \omega(\text{KCl}) = 100 - 31,65 = 68,35\%.$$

**№ 10-3-2000 респ.** Реакции вытеснения меди и ртути неизвестным металлом можно выразить уравнениями:



Поскольку при вытеснении меди масса пластинки уменьшилась, то атомная масса этого металла больше, чем атомная масса меди, но меньше, чем атомная масса ртути, так как при вытеснении ртути металла выделяется больше, чем переходит его в раствор.

Дальше решения задачи можно продолжить двумя путями.

**1-способ.** По условию задачи масса пластинки при вытеснении ртути увеличилась на 6,675 %. Увеличение массы пластинки обусловлено разностью атомных масс металла и ртути, т.е. разностью между массой ртути, выделившейся между массой ртути, выделившейся на пластинке и массой металла, перешедшего в раствор (201 - Me) г, где Me - молярная масса атомов металла. Уменьшение массы пластинки при вытеснении меди равно (Me - 64) г.

$$a = (\text{Me} - 64)100/3,6 ; \quad a = (201 - \text{Me}) / 6,675 , \text{ откуда}$$

$$a = (\text{Me} - 64)100 / 3,6 = (201 - \text{Me}) / 6,675$$

Отсюда: Me = 112. Это - кадмий.

**2 - способ.** Предположим, что масса пластинки была равна 100 г. При вытеснении меди масса ее уменьшилась на 3,6 г, а при вытеснении ртути масса ее увеличилась 6,675 г. Разность масс обеих пластинок равна 3,6 + 6,675 = 10,275 г. Если на пластинках выделится по 1 моль ртути и меди, то масса одной из них увеличится на (201 - Me) г, а другой - уменьшится на (Me - 64) г. Разность масс пластинок будет равна (201 - Me) + (Me - 64) = 137 г. Разделив разность масс пластинок, данных по условию задачи, на разность масс, рассчитанных на выделение 1 моль каждого металла, можно определить, сколько прореагировало молей меди, ртути и неизвестного металла: 10,275/137 = 0,075 моль. Тогда уменьшение и увеличение масс пластинок составит:

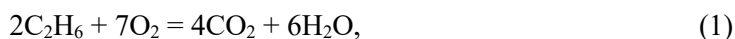
$$0,075\text{Me} - 0,075 \cdot 64 = 3,6 \text{ и } 0,075 \cdot 201 - 0,075\text{Me} = 6,675.$$

Оба уравнения дает значение : Me = 112. Это - кадмий.

Ответ: Пластинка была сделана из кадмия.

**№ 10-4-2000 респ.**

Запишем уравнения реакций горения углеводородов:



30 г/моль



44 г/моль

Обозначим объемную долю этана в исходной смеси  $\omega_{\text{об.}}(\text{C}_2\text{H}_6) = x$ ,  $\omega_{\text{об.}}(\text{C}_3\text{H}_8) = 1 - x$ . Для молярного объема молярная масса смеси

$$M(\text{смеси}) = \omega_{\text{об.}}(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_6) + \omega_{\text{об.}}(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot M(\text{C}_3\text{H}_8) \quad (1)$$

$$\text{Масса смеси } M(\text{смеси}) = D_{\text{H}_2} \cdot M(\text{H}_2) = 19,9 \cdot 2 = 39,8 \text{ г/моль.}$$

Подставляя значения в выражение (1), получим:

$$x \cdot 30 + (1 - x) \cdot 44 = 39,8;$$

$$14x = 44 - 39,8$$

$$x = \omega_{\text{об.}}(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,3;$$

$$\omega_{\text{об.}}(\text{C}_3\text{H}_8) = (1 - 0,3) = 0,7.$$

$$\text{Количество вещества газовой смеси: } \nu(\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8) = V(\text{смеси}) / V_M = 11,2 / 22,4 = 0,5 \text{ моль.}$$

$$\text{На этан приходится: } \nu(\text{C}_2\text{H}_6) = \omega_{\text{об.}}(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot \nu(\text{смеси}) = 0,3 \cdot 0,5 = 0,15 \text{ моль.}$$

$$\text{По уравнению (1): } \nu_1(\text{CO}_2) = 2\nu(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 \cdot 0,15 = 0,3 \text{ моль.}$$

$$\text{Количество вещества пропана: } \nu(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,7 \cdot 0,5 = 0,35 \text{ моль.}$$

$$\text{По уравнению (2) } \nu_2(\text{CO}_2) = 3\nu(\text{C}_3\text{H}_8) = 3 \cdot 0,35 = 1,05 \text{ моль.}$$

Суммарное количество вещества  $\text{CO}_2$ , образующегося в реакциях (1) и (2):

$$\nu_{\text{сум.}}(\text{CO}_2) = \nu_1(\text{CO}_2) + \nu_2(\text{CO}_2) = 0,3 + 1,05 = 1,35 \text{ моль.}$$

Реакция оксида  $\text{CO}_2$  со щелочью в зависимости от соотношения реагентов приводит к гидрокарбонату  $\text{NaHCO}_3$  или карбонату  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :



$$40 \text{ г/моль} \quad 84 \text{ г/моль}$$



$$106 \text{ г/моль}$$

Обозначим количество вещества  $\text{CO}_2$ , участвующего в реакции (3) через  $\nu_3(\text{CO}_2)$ , а в реакции (4)  $\nu_4(\text{CO}_2) = [1,35 - \nu_3(\text{CO}_2)]$ . Принимая во внимание коэффициенты в уравнениях (3) и (4), просуммируем количество вещества  $\text{NaOH}$ :  $\nu_3(\text{NaOH}) = \nu_3(\text{CO}_2)$  и  $\nu_4(\text{NaOH}) = 2\nu_4(\text{CO}_2) = 2 \cdot [1,35 - \nu_3(\text{CO}_2)]$ , равное  $\nu(\text{NaOH})_{\text{общему}} = m / M = 64/40 = 1,6$  моль;  $\nu_3(\text{NaOH}) + 2 \cdot [1,35 - \nu_3(\text{CO}_2)] = 1,6$ ;  $\nu_3(\text{NaOH}) = 2,7 - 1,6 = 1,1$  моль;  $\nu_3(\text{NaHCO}_3) = 1,1$  моль;  $\nu_4(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \nu_4(\text{CO}_2) = 1,35 - 1,1 = 0,25$  моль. Массы образовавшихся соединений:  $m(\text{NaHCO}_3) = \nu \cdot M = 1,1 \cdot 84 = 92,4$  г;  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,25 \cdot 106 = 26,5$  г.

Ответ:  $\omega_{\text{общ.}} \text{C}_2\text{H}_6 = 0,3$ ;  $\omega_{\text{общ.}} \text{C}_3\text{H}_8 = 0,7$ ;  $m(\text{NaHCO}_3) = 92,4$  г;  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 26,5$  г.

### №10-5-2000 респ.

Определим молярную массу неизвестного вещества  $X$  по формуле  $M(X) = \rho V$ . Для этого рассчитаем объем одного моль  $X$  при  $184,4^\circ\text{C}$ .

$$V_0/V = T_0/T; V_0 = 22,4 \text{ л}; T_0 = 273 \text{ К};$$

$$T = 273 + 184,4 = 457,4 \text{ К};$$

$$V = V_0 T/T_0 = 22,4 \cdot 457,4 / 273 = 37,5 \text{ л};$$

$$M(X) = 37,5 \cdot 2,48 = 93 \text{ г/моль}.$$

Определим количества вещества X, углекислого газа и воды:

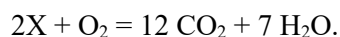
$$n_1(X) = 1,86 \text{ г} / 93 \text{ г/моль} = 0,02 \text{ моль};$$

$$n_2(\text{CO}_2) = 2,688 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,12 \text{ моль};$$

$$n_3(\text{H}_2\text{O}) = 1,26 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0,07 \text{ моль}.$$

Определим отношение количества веществ X, CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O:

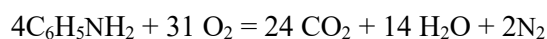
$$n_1 : n_2 : n_3 = 0,02 : 0,12 : 0,07 = 2 : 12 : 7 \text{ и запишем уравнение реакции сгорания X:}$$



Сравним состав неизвестного вещества X и известных продуктов сгорания. Неизвестное вещество должно содержать 6 атомов углерода и 7 атомов водорода, т.е. иметь формулу C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>A. Тогда молярная масса этого вещества

$$M(\text{C}_6\text{H}_7\text{A}) = 6 \cdot 12 + 7 \cdot 1 + M(\text{A}) = 93 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, M(A) = 14 г/моль и A - азот или два атома лития. Если бы литий входил в состав неизвестного вещества, то при сгорании он образовал бы нелетучие продукты - оксид или карбонат, что противоречит условию задачи. Таким образом, неизвестное вещество содержит азот. Легко предположить, что это анилин C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>. При сгорании азотосодержащих органических веществ азот выделяется в свободном виде:

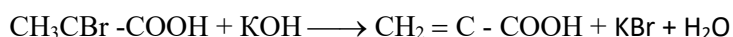


метилпропионовая

2-бром-2-метил

кислота

пропионовая кислота



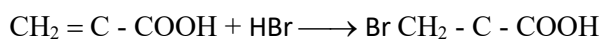
|

|

CH<sub>3</sub>

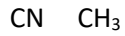
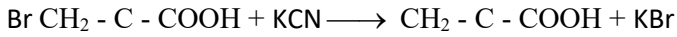
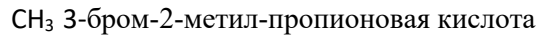
CH<sub>3</sub>

метакриловая кислота

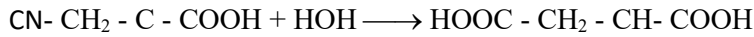


|

|

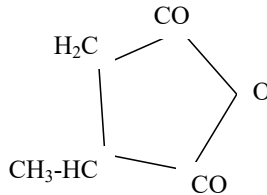


Г - нитрил метилантарной кислоты



CH<sub>3</sub> Метилантарная кислота

нагревание



→ ангидрид метил-янтарной кислоты

**№10-7-2000респ.** Наиболее часто используемыми методами измерения времени при использовании радиометрическими методами датирования являются:

1. Урано-свинцовый
2. Рубидиево-свинцовый
3. Калий-аргоновый.

В каждой из этих систем материнский элемент, или элемент, подвергающийся распаду ( уран, рубидий, калий), постепенно изменяется, превращаясь в дочерний компонент (свинец, стронций и аргон соответственно). Использование прибора, называемого масс спектрометром, дает возможность измерить соотношение материнского и дочернего элементов. Затем радиометрическую скорость распада используют для определения того, как долго происходил процесс распада.

Метод радиометрического датирования основан на трех допущениях:

1. Система должна первоначально состоять только из материнских элементов.
2. Скорость распада с момента начала этого процесса должна быть постоянной.
3. Система должна быть все время замкнутой. Ничто не должно ни уходить из системы, ни поступать в нее извне.

Вернемся к нашей задаче. Самопроизвольный радиоактивный распад всех изотопов описывается одним и тем же уравнением:

$$m(t) = m_0 (1/2)^{t/T},$$

где  $m(t)$  - масса изотопа в момент времени  $t$ ,  $m_0$  - начальная масса изотопа,  $T$  - время полураспада. В нашем случае дано  $m(t) = 0.56m_0$ , надо найти  $t$ .

Логарифмируя основное уравнение, получаем:  $t/T \lg 1/2 = \lg 0,56$ .

Откуда  $t = 5730 (-\lg 0,56 / \lg 2) \approx 4790$  лет. **Ответ: 4790 лет.**