



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (20 баллов)

Дюралюмин или дюраль является высокопрочным сплавом, в состав которого входят алюминий, магний и медь. Дюралюмин — основной конструкционный материал в авиации, космонавтике и других областях машиностроения, для которых принципиальную роль играет минимальная масса конструкции. При растворении 6,8 г такого сплава в соляной кислоте выделился водород объемом 8,176 л (при нормальных условиях) и нерастворимый осадок массой 0,2 г. Рассчитайте массовые доли металлов в сплаве.

Решение: Из трех компонентов сплава с соляной кислотой реагируют только алюминий и магний:



Нерастворимый осадок - это медь, следовательно $m(\text{Cu})=0,2\text{г}$.

Рассчитаем массу алюминия и магния в сплаве:

$$m(\text{Al}+\text{Mg}) = m(\text{сплава}) - m(\text{Cu}) = 6,8 - 0,2 = 6,6 \text{ г.}$$

Определяем количество вещества водорода, полученного при растворении сплава:

$$n(\text{H}_2) = V(\text{H}_2)/V_m = 8,176/22,4 = 0,365 \text{ моль}$$

Введем обозначения: x - масса алюминия в сплаве, т.е. $m(\text{Al}) = x$ г; y - количество вещества водорода, полученного по реакции (1), т.е. $n(\text{H}_2) (1) = y$ моль. Тогда масса магния будет равна:

$$m(\text{Mg}) = m(\text{Al}+\text{Mg}) - m(\text{Al}) = 6,6 - x$$

Количество вещества водорода, полученного по реакции (2), будет равно

$$n(2)(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) - n(1)(\text{H}_2) \quad n(2)(\text{H}_2) = (0,365 - y) \text{ моль.}$$

Вычисляем количество вещества магния и алюминия:

$$n(\text{Mg}) = m(\text{Mg})/M(\text{Mg}) = 6,6 - x/24 \text{ моль}$$

$$n(\text{Al}) = m(\text{Al})/M(\text{Al}) = x/27 \text{ моль}$$

Из уравнения реакции (1) следует

$$n(\text{Al})/n(1)(\text{H}_2)=2/3; \quad n(\text{Al}) = 2/3 n(1)(\text{H}_2)$$

$$x/27=2/3y$$

Из уравнения (2) следует $n(\text{Mg}) = n(2)(\text{H}_2)$

$$\text{Или } 6,6 - x/24 = 0,365 - y$$

Решая систему этих уравнений, получаем, что $x = 6,48$ т.е. $m(\text{Al})=6,48\text{г}$

$$\text{Тогда } m(\text{Mg}) = m(\text{Al}+\text{Mg}) - m(\text{Al})=6,6 - 6,48= 0,12\text{г}$$

Рассчитываем массовые доли металлов в сплаве:

$$w(\text{Al})=m(\text{Al})/m(\text{сплава})=6,48/6,8= 0,953 \text{ или } 95,3\%$$

$$w(\text{Mg})=m(\text{Mg})/m(\text{сплава})=0,12/6,8= 0,018 \text{ или } 1,8\%$$

$$w(\text{Cu})=m(\text{Cu})/m(\text{сплава})=0,2/6,8= 0,029 \text{ или } 2,9\%$$

Задача 2 (20 баллов)

В производстве нержавеющей стали используют феррохром, который представляет собой сплав железа и хрома, а также содержит некоторые примеси. Сплав можно получить восстановительной реакцией хромита ($\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$) коксом. Рассчитайте массовую долю хрома в сплаве, считая, что других компонентов, кроме железа и хрома, он не содержит. Количество вещества хромита принять за 1 моль.

Решение: Выбираем для расчета образец хромистого железняка количеством вещества 1 моль, т.е. $n(\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2) = 1$ моль. Из формулы соединения следует

$$n(\text{Fe}) = n(\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2); \quad n(\text{Fe}) = 1 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cr}) = 2n(\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2); \quad n(\text{Cr}) = 2 \text{ моль}$$

Где $n(\text{Fe})$ и $n(\text{Cr})$ - количества вещества железняка и хрома, которые содержатся в выбранном образце соединения.

Определяем массы железа и хрома, которые будут получены из 1 моль $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 1 \cdot 56 = 56 \text{ г}$$

$$m(\text{Cr}) = n(\text{Cr}) \cdot M(\text{Cr}) = 2 \cdot 52 = 104 \text{ г}$$

Масса полученного сплава феррохрома состоит из масс двух металлов:

$$m(\text{сплава}) = m(\text{Fe}) + m(\text{Cr}) = 56 + 104 = 160 \text{ г}$$

Вычисляем массовую долю хрома в полученном феррохроме:

$$\omega(\text{Cr}) = m(\text{Cr})/m(\text{сплава}) = 104/160 = 0,65 \text{ или } 65\%$$

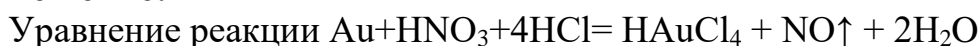
Задача 3 (20 баллов)

Золото — один из самых инертных металлов. При нормальных условиях золото не взаимодействует с большинством кислот и не образует оксидов, поэтому его относят к благородным металлам, в отличие от обычных металлов, разрушающихся под действием кислот и щелочей. В XIV веке была открыта способность царской водки (1 часть концентрированной (65%) азотной кислоты и 3 части концентрированной (35%) соляной кислоты) растворять золото, что опровергло мнение о его химической инертности.

Составьте уравнение реакции растворения золота в царской водке с образованием тетрахлораурата водорода HAuCl_4 . Во сколько раз сосуд (емкостью 1 л) с полученным раствором будет тяжелее сосуда с водой (массой сосуда пренебречь). Напишите уравнение реакции восстановления золота из HAuCl_4 с помощью железного купороса.

(плотность 65% HNO_3 — 1,40 г/см³, 35% HCl — 1,18 г/см³).

Решение:



Так как, на 1 объем HNO_3 приходится 3 объема HCl , следовательно, $V_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) = 0,25 \text{ л}$,

$$n(\text{HNO}_3) = (250 \cdot 1,4 \cdot 0,65) / 63 = 3,61 \text{ моль}$$

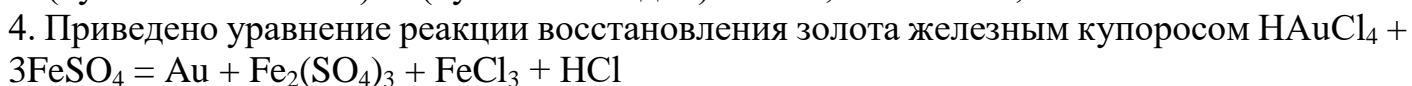
$$V_{\text{р-р}}(\text{HCl}) = 0,750 \text{ л}, \quad n(\text{HCl}) = (750 \cdot 1,18 \cdot 0,35) / 36,5 = 8,48 \text{ моль}$$

Соляная кислота находится в недостатке, следовательно, $n(\text{Au}) = 8,48 / 4 = 2,12 \text{ моль}$

$$m(\text{Au}) = 2,12 \cdot 197 = 417,64 \text{ г} \quad m(\text{NO}) = 2,12 \cdot 30 = 63,6 \text{ г}$$

$$m(\text{бутылки с золотом}) = 250 \cdot 1,4 + 750 \cdot 1,18 + 417,64 - 63,6 \text{ г} = 1589,04 \text{ г}$$

$$m(\text{бутылки с золотом}) / m(\text{бутылки с водой}) = 1589,04 / 1000 = 1,59$$



Задача 4 (20 баллов)

Одним из распространенных строительных материалов является кирпич. Например керамический кирпич изготавливают из высококачественной красной глины, составляющей около 85-95% его состава. Одной из характеристик такого кирпича является теплопроводность, которая зависит от его плотности и конфигурации пустот. Определите коэффициент теплопроводности стены, изготовленной из кирпича толщиной 390 мм, если температура на внутренней поверхности стенки равна $T_1 = 473$ К, а на наружной на 50°C меньше. Потеря тепла через стену равна $q = 178$ Вт/м². В ответе укажите размерность (единицы измерения), проведите проверку размерности.

Решение:

Переведем К в $^\circ\text{C}$ $473 \text{ К} = 200^\circ\text{C}$

Плотность теплового потока, прошедшего через стену

$q = T_1 - T_2 / \delta / \lambda$, отсюда коэффициент теплопроводности

$\lambda = q \cdot \delta / T_1 - T_2 = 178 \cdot 0,39 / 200 - 150 = 1,388$ Вт/(м*град)

Проверка:

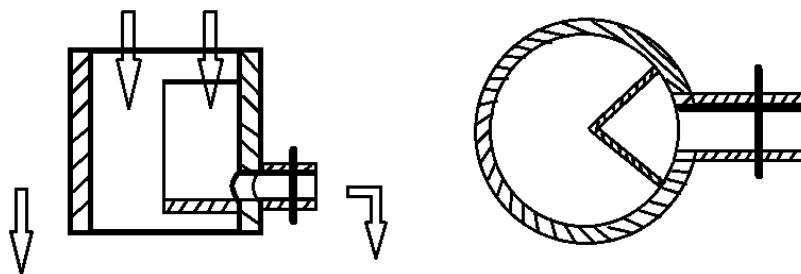
$(\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{м}) / \text{град} = \text{Вт}/\text{м}/\text{град} = \text{Вт}/\text{м} \cdot \text{град}$

Задача 5 (20 баллов)

В различных технологиях, связанных с превращениями веществ (химическая, нефтяная, пищевая, строительная промышленность), широко используют различные пробоотборники. Они необходимы, например, когда нужно взять на анализ небольшую порцию продукта, текущего по трубопроводу. Эта задача решается легко, если по трубе течет однородная жидкостью. А теперь представьте себе, что в трубопроводе движется пульпа, содержащая жидкость, взвесь мелких твердых частиц, пузырьки газа и требуется отобрать на анализ пробу пульпы, не нарушив соотношение между ее компонентами, т.е. проба должна быть представительной.

Предложите схему устройства для отбора из трубопровода проб многофазных смесей. Зарисуйте пробозаборный элемент в двух плоскостях (при необходимости подпишите составные части). Дайте объяснения работы устройства.

Решение: Для получения представительной пробы многофазных смесей можно использовать устройство, изображенное на рисунке:



Пробозаборный элемент должен быть выполнен в виде секторного кармана, линия пересечения боковых стенок которого расположена на оси трубопровода. С помощью такого устройства можно в любое время и в необходимых количествах брать пробы, не нарушая процесса перекачки многофазной смеси.

Для успешного решения задач воспользуйтесь справочным материалом – таблицей Д.И. Менделеева

		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА										VII (H)	VIII						
		II		III		IV		V		VI		атомный номер		обозначение элемента		4,00 ² He ГЕЛИЙ			
1	1	H ¹ 1,01 ВОДОРОД										12,01 ⁶ C УГЛЕРОД				20,18 ¹⁰ Ne НЕОН			
2	2	Li ³ 6,94 ЛИТИЙ	Be ⁴ 9,01 БЕРИЛЛИЙ	5 ⁵ B БОР	6 ⁶ C УГЛЕРОД	7 ⁷ N АЗОТ	8 ⁸ O КИСЛОРОД	9 ⁹ F ФТОР	10 ¹⁰ Ne НЕОН	11 ¹¹ Na НАТРИЙ	12 ¹² Mg МАГНИЙ	13 ¹³ Al АЛЮМИНИЙ	14 ¹⁴ Si КРЕМНИЙ	15 ¹⁵ P ФОСФОР	16 ¹⁶ S СЕРА	17 ¹⁷ Cl ХЛОР	18 ¹⁸ Ar АРГОН		
3	3	4 ⁴ K КАЛИЙ	20 ²⁰ Ca КАЛЬЦИЙ	21 ²¹ Sc СКАНДИЙ	22 ²² Ti ТИТАН	23 ²³ V ВАНАДИЙ	24 ²⁴ Cr ХРОМ	25 ²⁵ Mn МАРГАНЕЦ	26 ²⁶ Fe ЖЕЛЕЗО	27 ²⁷ Co КОБАЛЬТ	28 ²⁸ Ni НИКЕЛЬ	29 ²⁹ Cu МЕДЬ	30 ³⁰ Zn ЦИНК	31 ³¹ Ga ГАЛЛИЙ	32 ³² Ge ГЕРМАНИЙ	33 ³³ As МЫШЬЯК	34 ³⁴ Se СЕЛЕН	35 ³⁵ Br БРОМ	36 ³⁶ Kr КРИПТОН
4	4	37 ³⁷ Rb РУБИДИЙ	38 ³⁸ Sr СТРОНЦИЙ	39 ³⁹ Y ИТТРИЙ	40 ⁴⁰ Zr ЦИРКОНИЙ	41 ⁴¹ Nb НИОБИЙ	42 ⁴² Mo МОЛИБДЕН	43 ⁴³ Tc ТЕХНЕЦИЙ	44 ⁴⁴ Ru РУТЕНИЙ	45 ⁴⁵ Rh РОДИЙ	46 ⁴⁶ Pd ПАЛЛАДИЙ	47 ⁴⁷ Ag СЕРЕБРО	48 ⁴⁸ Cd КАДМИЙ	49 ⁴⁹ In ИНДИЙ	50 ⁵⁰ Sn ОЛОВО	51 ⁵¹ Sb СУРЬМА	52 ⁵² Te ТЕЛЛУР	53 ⁵³ I ИОД	54 ⁵⁴ Xe КСЕНОН
5	5	55 ⁵⁵ Cs ЦЕЗИЙ	56 ⁵⁶ Ba БАРИЙ	57 ⁵⁷ La ЛАНТАН	72 ⁷² Hf ГАФИНИЙ	73 ⁷³ Ta ТАНТАЛ	74 ⁷⁴ W ВОЛЬФРАМ	75 ⁷⁵ Re РЕНИЙ	76 ⁷⁶ Os ОСМИЙ	77 ⁷⁷ Ir ИРИДИЙ	78 ⁷⁸ Pt ПЛАТИНА	79 ⁷⁹ Au ЗОЛОТО	80 ⁸⁰ Hg РТУТЬ	81 ⁸¹ Tl ТАЛЛИЙ	82 ⁸² Pb СВИНЕЦ	83 ⁸³ Bi ВИСМУТ	[209] ⁸⁴ Po ПОЛОНИЙ	[210] ⁸⁵ At АСТАТ	[222] ⁸⁶ Rn РАДОН
6	6	87 ⁸⁷ Fr ФРАНЦИЙ	88 ⁸⁸ Ra РАДИЙ	89 ⁸⁹ Ac АКТИНИЙ	[227] ⁹⁰ Th ТОРИЙ	[227] ⁹¹ Pa ПРОТОАКТИНИЙ	[227] ⁹² U УРАН	[227] ⁹³ Np НЕПТУНИЙ	[227] ⁹⁴ Pu ПУТОНИЙ	[227] ⁹⁵ Am АМЕРИЦИЙ	[227] ⁹⁶ Cm КУРИЙ	[227] ⁹⁷ Bk БЕРКЛИЙ	[227] ⁹⁸ Cf КАЛИФОРНИЙ	[227] ⁹⁹ Es ЭЙНШТЕЙНИЙ	[227] ¹⁰⁰ Fm ФЕРМИЙ	[227] ¹⁰¹ Md МЕНДЕЛЕВИЙ	[227] ¹⁰² No НОБЕЛИЙ	[227] ¹⁰³ Lr ЛОУРЕНСИЙ	
7	7	108 ¹⁰⁸ Hs ХАССИЙ	[265] ¹⁰⁹ Mt МЕЙТНЕРИЙ	[265] ¹¹⁰ Ds ДАРМШТАДИЙ	[265] ¹¹¹ Rg РЕНДИЙ	[265] ¹¹² Cn КОНОВНИЙ	[265] ¹¹³ Nh НИХИЛИЙ	[265] ¹¹⁴ Fl ФЛУОРИЙ	[265] ¹¹⁵ Mc МАКГОВЕННИЙ	[265] ¹¹⁶ Lv ЛЮВЕНЦИЙ	[265] ¹¹⁷ Ts ТЕННЕСИЙ	[265] ¹¹⁸ Og ОГАНЕСИЙ	[265] ¹¹⁹ Uue УНУНВИЙ	[265] ¹²⁰ Uub УБЕРВИЙ	[265] ¹²¹ Uut УТТЕРВИЙ	[265] ¹²² Uuq УКУБИЙ	[265] ¹²³ Uuq УКУБИЙ	[265] ¹²⁴ Uuq УКУБИЙ	
* ЛАНТАНОИДЫ																			
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71						
Ce ЦЕРИЙ	Pr ПРАЗЕДИЙ	Nd НЕОДИЙ	Pm ПРОМЕТИЙ	Sm САМАРИЙ	Eu ЕВРОПИЙ	Gd ГАДОЛИНИЙ	Tb ТЕРБИЙ	Dy ДИСПРОЗИЙ	Ho ГОЛЬМИЙ	Er ЭРБИЙ	Tm ТУЛИЙ	Yb ИТТЕРБИЙ	Lu ЛЮТЕЦИЙ						
** АКТИНОИДЫ																			
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103						
Th ТОРИЙ	Pa ПРОТОАКТИНИЙ	U УРАН	Np НЕПТУНИЙ	Pu ПУТОНИЙ	Am АМЕРИЦИЙ	Cm КУРИЙ	Bk БЕРКЛИЙ	Cf КАЛИФОРНИЙ	Es ЭЙНШТЕЙНИЙ	Fm ФЕРМИЙ	Md МЕНДЕЛЕВИЙ	(No) НОБЕЛИЙ	(Lr) ЛОУРЕНСИЙ						

Комментарий к заданиям для проверяющих:

При записи ответа допускается округление чисел до целого. При оценке решения задачи учитывается правильность хода решения.

Задача 5. Для всех классов!

В решении приведен один из вариантов ответа (ответ может отличаться). Проверяющий оценивает логику рассуждений школьника. Правильность решения оценивается на усмотрение проверяющего.