



Задания, ответы и критерии оценивания

**Задача 1 (20 баллов)**

Определите энергию плавления железа массой 2000г, доведенного до своей температуры плавления? Определите во сколько раз плавление железа требует больше энергии, чем плавление той же массы серебра, стали и золота нагретых до своей температуры плавления? Значения удельной теплоты плавления:  $\lambda(\text{железа}) = 27 \cdot 10^4$  Дж/кг,  $\lambda(\text{серебра}) = 0,87 \cdot 10^5$  Дж/кг,  $\lambda(\text{стали}) = 0,84 \cdot 10^5$  Дж/кг,  $\lambda(\text{золота}) = 0,67 \cdot 10^5$  Дж/кг

**Решение:**

$$2000 \text{ г} = 2 \text{ кг}$$

$$Q = \lambda \cdot m$$

$$Q(\text{железа}) = \lambda \cdot m = 27 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг} \cdot 2 \text{ кг} = 54 \text{ Дж (энергия плавления железа)}$$

$$Q(\text{железа}) / Q(\text{серебра}) = 27 \cdot 10^4 \cdot 2 / 8,7 \cdot 10^4 \cdot 2 = 3,1 \text{ раза больше}$$

$$Q(\text{железа}) / Q(\text{стали}) = 27 \cdot 10^4 \cdot 2 / 8,4 \cdot 10^4 \cdot 2 = 3,2 \text{ раза больше}$$

$$Q(\text{железа}) / Q(\text{золота}) = 27 \cdot 10^4 \cdot 2 / 6,7 \cdot 10^4 \cdot 2 = 4 \text{ раза больше}$$

Ответ: Энергия плавления железа 54 Дж, плавление железа требует больше энергии, чем плавление серебра в 3,1 раза, стали 3,2 раза, золота 4 раза.

**Задача 2 (20 баллов)**

Химические вещества применяют в технологических процессах разного назначения. Так промышленные газы создаются путем принудительной реакции химических веществ. При взаимодействии двух веществ А и В, находящихся в газообразном состоянии образуется новое газообразное вещество С:  $A(\text{г}) + 2B(\text{г}) = C(\text{г})$ . Известно, что  $c_A = 0,6$  моль/л,  $c_B = 0,5$  моль/л,  $k = 0,2 \text{ л}^2/\text{моль}^2$ . Рассчитайте начальную скорость реакции при температуре  $100^\circ \text{С}$ . Рассчитайте скорость реакции при увеличении концентрации В на 0,2 моль/л? Во сколько раз изменится скорость реакции при повышении температуры на  $30^\circ \text{С}$  (температурный коэффициент  $\gamma = 2$ )?

**Решение:**

1. Рассчитаем начальную скорость реакции  $A(\text{г}) + 2B(\text{г}) = C(\text{г})$  при  $100^\circ \text{С}$

$$v = k c_A c_B^2 = v = k c_A c_B^2 = 0,2 \cdot (0,6) \cdot (0,5)^2 = 0,03.$$

2. При увеличении концентрации В на 0,2 моль/л, скорость реакции станет равна  $v = 0,2 \cdot 0,6 \cdot (0,5 + 0,2)^2 = 0,0176$ , то есть скорость изменится в  $0,0176/0,03 = 0,58$  раза.

3. В соответствии с правилом Вант-Гоффа  $v_2 / v_1 = \gamma$  в степени  $(T_2 - T_1/10) = 2^3 = 8$ .

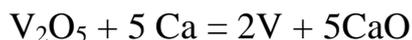
При повышении температуры на  $30^\circ \text{С}$  скорость реакции увеличилась в 8 раз.

### Задача 3 (20 баллов)

Ванадий получают восстановлением оксида ванадия (V) металлическим кальцием. Запишите уравнение реакции. Какую массу металла можно получить при восстановлении концентрата массой 400г, массовая доля  $V_2O_5$  в котором равна 85%? Какую массу технического кальция надо взять для восстановления, если технический кальций содержит примесь оксида кальция? Массовая доля CaO в техническом металле составляет 5%.

#### Решение:

1) Записываем уравнение реакции получения ванадия методом металлотермии:



2) Определяем массу  $V_2O_5$  в концентрате:

$$m(V_2O_5) = m\omega(V_2O_5); m(V_2O_5) = 400 * 0,85 \text{ г} = 340 \text{ г}$$

3) Рассчитываем количество вещества оксида ванадия (V):

$$n(V_2O_5) = m(V_2O_5)/M(V_2O_5) = 340/182 = 1,87 \text{ моль.}$$

4) На основании уравнения реакции записываем:

$$n(V_2O_5)/n(V) = 1/2 ; n(V) = 2n(V_2O_5); n(V) = 2 * 1,87 \text{ моль} = 3,74 \text{ моль}$$

5) Определяем массу металла, который можно получить:

$$m(V) = n(V) * M(V); m(V) = 3,74 * 51 \text{ г} = 190,7 \text{ г}$$

6) Из уравнения реакции следует, что

$$n(V_2O_5)/n(Ca) = 1/5; n(Ca) = 5n(V_2O_5); n(Ca) = 5 * 1,87 \text{ моль} = 9,35 \text{ моль}$$

7) Масса кальция, который надо взять для восстановления, составляет:

$$m(Ca) = n(Ca) * M(Ca); m(Ca) = 9,35 * 40 = 374 \text{ г}$$

8) Находим массу технического металла, необходимого для осуществления процесса:

$$m(\text{техн.мет.}) = m(Ca)/w(Ca) = 374/0,95 = 393,7 \text{ г}$$

Ответ: масса технического кальция 393,7 г

### Задача 4 (20 баллов)

Избытком холодной концентрированной серной кислоты подействовали на смесь железа, алюминия и меди. Часть смеси растворилась и выделилось 11,2 л газа (н.у.). Оставшуюся смесь обработали избытком раствора гидроксида натрия. Выделилось 6,72 л газа и осталось 6 г не растворившегося остатка. Определите массу и состав исходной смеси металлов.



основного процесса. Для движения катализатора разработаны специальные системы пневмотранспорта, где катализатор движется под действием потока газа.

Предложите свой способ перемещения гранулированного катализатора без остановки основного процесса из без применения пневмотранспорта? Изобразите схематично установку.

### Решение:

Можно использовать магнитный транспорт. Для решения задачи можно использовать движущееся магнитное поле. Для этого необходимо, чтобы катализатор обладал магнитными свойствами (содержать ферромагнитные компоненты). Можно внутрь гранул катализатора поместить магнитную частицу (железо, оксид железа). Можно сконструировать реактор, вокруг которого вращается постоянный магнит.

Схема установки может быть различной.

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

**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА**

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ																									
		A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A	VIII	B																
1	1	<b>H</b> 1,0079 1s <sup>1</sup> Водород							<b>He</b> 4,00260 1s <sup>2</sup> Гелий																		
2	2	<b>Li</b> 6,941 2s <sup>1</sup> Литий	<b>Be</b> 9,01218 2s <sup>2</sup> Бериллий	<b>B</b> 10,81 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> Бор	<b>C</b> 12,011 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> Углерод	<b>N</b> 14,0067 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> Азот	<b>O</b> 15,9994 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> Кислород	<b>F</b> 18,9984 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> Фтор	<b>Ne</b> 20,179 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> Неон																		
3	3	<b>Na</b> 22,9898 3s <sup>1</sup> Натрий	<b>Mg</b> 24,305 3s <sup>2</sup> Магний	<b>Al</b> 26,9815 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> Алюминий	<b>Si</b> 28,0855 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> Кремний	<b>P</b> 30,9738 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> Фосфор	<b>S</b> 32,06 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> Сера	<b>Cl</b> 35,453 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> Хлор	<b>Ar</b> 39,948 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> Аргон																		
4	4	<b>K</b> 39,0983 4s <sup>1</sup> Калий	<b>Ca</b> 40,08 4s <sup>2</sup> Кальций	<b>Sc</b> 44,9559 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> Скандий	<b>Ti</b> 47,88 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> Титан	<b>V</b> 50,9415 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> Ванадий	<b>Cr</b> 51,996 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> Хром	<b>Mn</b> 54,938 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> Марганец	<b>Fe</b> 55,847 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> Железо	<b>Co</b> 58,9332 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> Кобальт	<b>Ni</b> 58,69 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> Никель																
5	5	<b>Rb</b> 85,4678 5s <sup>1</sup> Рубидий	<b>Sr</b> 87,62 5s <sup>2</sup> Стронций	<b>Y</b> 88,9059 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> Иттрий	<b>Zr</b> 91,224 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> Цирконий	<b>Nb</b> 92,9064 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> Ниобий	<b>Mo</b> 95,94 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> Молибден	<b>Tc</b> 98,9062 4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> Технеций	<b>Ru</b> 101,07 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> Рутений	<b>Rh</b> 102,905 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> Родий	<b>Pd</b> 106,42 4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup> Палладий																
6	6	<b>Cs</b> 132,905 6s <sup>1</sup> Цезий	<b>Ba</b> 137,33 6s <sup>2</sup> Барий	<b>La*</b> 138,905 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лантан	<b>Hf</b> 178,49 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> Гафний	<b>Ta</b> 180,9479 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> Тантал	<b>W</b> 183,85 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> Вольфрам	<b>Re</b> 186,207 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> Рений	<b>Os</b> 190,22 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> Осмий	<b>Ir</b> 192,22 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> Иридий	<b>Pt</b> 195,08 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> Платина																
7	7	<b>Fr</b> [223] 7s <sup>1</sup> Франций	<b>Ra</b> [226] 7s <sup>2</sup> Радий	<b>Ac**</b> [227] 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Актиний	<b>Rf</b> [261] 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Резерфордий	<b>Db</b> [262] 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> Дубний	<b>Sg</b> [266] 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> Сибургий	<b>Bh</b> [264] 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> Борий	<b>Hs</b> [271] 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> Гассий	<b>Mt</b> [272] 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> Мейтнерий	<b>Ds</b> [285] 6d <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup> Дармштадтий																
ФОРМУЛА ВЫСШЕГО ОКСИДА		R <sub>2</sub> O		RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		RO <sub>3</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>											
ФОРМУЛА ЛЕГЧЕГО ВОДОРОДНОГО СОЕДИНЕНИЯ				RH <sub>4</sub>		RH <sub>3</sub>		RH <sub>2</sub>		RH																	
*Лантаноиды																											
58	<b>Ce</b> 140,12 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Церий	59	<b>Pr</b> 140,908 4f <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> Прозетим	60	<b>Nd</b> 144,24 6s <sup>1</sup> Неодим	61	<b>Pm</b> [145] 4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> Прометий	62	<b>Sm</b> 150,36 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> Самарий	63	<b>Eu</b> 151,96 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> Европий	64	<b>Gd</b> 157,25 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Гадолиний	65	<b>Tb</b> 158,925 4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> Тербий	66	<b>Dy</b> 162,50 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> Диспрозий	67	<b>Ho</b> 164,930 4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup> Гольмий	68	<b>Er</b> 167,26 4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup> Эрбий	69	<b>Tm</b> 168,934 4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup> Тулий	70	<b>Yb</b> 173,04 4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup> Иттербий	71	<b>Lu</b> 174,967 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лютеций
**Актиноиды																											
90	<b>Th</b> 232,038 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Торий	91	<b>Pa</b> [231] 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Протактиний	92	<b>U</b> 238,029 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Уран	93	<b>Np</b> [237] 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Нептуний	94	<b>Pu</b> [244] 5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> Плутоний	95	<b>Am</b> [243] 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> Америций	96	<b>Cm</b> [247] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Кюрий	97	<b>Bk</b> [247] 5f <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup> Берклий	98	<b>Cf</b> [251] 5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> Калифорний	99	<b>Es</b> [252] 5f <sup>11</sup> 7s <sup>2</sup> Эйнштейний	100	<b>Fm</b> [257] 5f <sup>12</sup> 7s <sup>2</sup> Фермий	101	<b>Md</b> [260] 5f <sup>13</sup> 7s <sup>2</sup> Менделевий	102	<b>No</b> [259] 5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup> Нобелий	103	<b>Lr</b> [262] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Лоуренсий

**Комментарий к заданиям для проверяющих.** При записи ответа допускается округление чисел до целого. При оценке решения задачи учитывается правильность хода решения.

**Задача 5.** В решении приведен один из вариантов ответа (ответ может отличаться). Проверяющий оценивает логику рассуждений школьника. Правильность решения оценивается на усмотрение проверяющего.



Задания, ответы и критерии оценивания

**Задача 1 (20 баллов)**

Сера является нежелательным элементом в твердых горючих ископаемых, с увеличением ее содержания возрастает выброс оксидов серы в атмосферу при энергетическом использовании. Содержание серы в углях определяют различными методами. Один из таких методов - определение сульфатной серы. Метод основан на извлечении сульфатов из угля неорганической кислотой с последующим осаждением и гравиметрическим его определением.

Действием слабой соляной кислоты на образец угля массой 3 г с последующим осаждением было получено 0,6 г сульфата бария. Рассчитайте массовую долю серы (в процентах) во взятом образце угля.

**Решение:**

1) Найдем молярную массу сульфата бария  $M(\text{BaSO}_4) = 233,44$  г/моль

2) массу серы находим по формуле:

$$m(\text{S}) = m(\text{BaSO}_4) \cdot M(\text{S}) / M(\text{BaSO}_4) = 0,6 \cdot 32,06 / 233,44 = 0,082 \text{ г}$$

3) массовая доля  $w$  (%) серы в каменном угле равна

$$\omega(\text{S}) = m(\text{S}) / m(\text{навески}) \cdot 100 = 0,082 / 3 \cdot 100 = 2,73\%$$

**Ответ:** массовая доля серы  $\omega(\text{S}) = 2,73\%$

**Задача 2 (20 баллов)**

При взаимодействии 1 кг известняка, содержащего 95% карбоната кальция, с 25%-ной хлороводородной кислотой, образуется диоксид углерода. Запишите уравнение реакции. Рассчитайте объем полученного газа (н. у.) и объем использованной кислоты, если ее плотность при 20 °С равна 1124 г/л.

**Решение:**

1) Записывают уравнение реакции и значения исходных величин:



По уравнению:  $n(\text{CaCO}_3) = 1$  моль  $n(\text{HCl}) = 2$  моль  $n(\text{CO}_2) = 1$  моль

2) Рассчитаем молярные массы:  $M(\text{CaCO}_3) = 100,09$  г/моль  $M(\text{HCl}) = 36,46$  г/моль

3)  $V_M = 22,4$  л/моль

$$\omega(\text{CaCO}_3) = 0,95$$

$$\omega(\text{HCl}) = 0,25$$

$$m_{\text{изв}} = 1000 \text{ г}$$

$$\rho(\text{HCl}) = 1124 \text{ г/л}$$

3) Рассчитываем объем диоксида углерода и объем кислоты:

$$\begin{aligned} 1 \text{ способ } V(\text{CO}_2) &= m_{\text{изв}} \cdot \omega(\text{CaCO}_3) \cdot n(\text{CO}_2) \cdot V_M / M(\text{CaCO}_3) \cdot n(\text{CaCO}_3) \\ &= 1000 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 22,4 / 100,09 \cdot 1 = 212,6 \text{ л} \end{aligned}$$

$$2 \text{ способ } m(\text{CaCO}_3) = 950 \text{ г}, n(\text{CaCO}_3) = m/M = 950 / 100,09 = 9,49 \text{ моль}$$

Из уравнения следует  $n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 9,49$  моль

$$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_M = 9,49 \cdot 22,4 = 212,58 = 212,6 \text{ л}$$

4) Рассчитываем объем кислоты:

$$V(\text{HCl}) = \frac{m(\text{CaCO}_3)n(\text{HCl})M(\text{HCl})}{M(\text{CaCO}_3)n(\text{CaCO}_3)w(\text{HCl})\rho(\text{HCl})} = 1000 \cdot 0,95 \cdot 2 \cdot 36,46 / 100,09 \cdot 1 \cdot 0,25 \cdot 1124 = 2,46 \text{ л}$$

**Ответ:** получено (при н. у.) 212,6 л  $\text{CO}_2$  и затрачено 2,46 л 25%-ной хлороводородной кислоты.

### Задача 3 (20 баллов)

Известно, что некоторое количество металла, эквивалентная масса которого равна 28 г/моль, вытесняет из кислоты 1,1 л водорода, измеренного при нормальных условиях. Определите массу металла.

**Решение:**

1 способ:

Зная, что эквивалентный объем водорода равен 11,2 л/моль, составляем пропорцию:

28 г металла эквивалентны 11,2 л водорода

X г металла эквивалентны 1,1 л водорода

Следовательно,  $x = 1,1 \cdot 28 / 11,2 = 2,75$  г.

2 способ:

$$n = V / V(\text{экв})(\text{H}_2) = 1,1 / 11,2 = 0,098$$

$$m = M \cdot n = 28 \cdot 0,098 = 2,74 \text{ г}$$

**Ответ:** 2,74 г масса металла

### Задача 4 (20 баллов)

Электролиз растворов – сложный процесс, так как кроме ионов металла и кислотного остатка в растворе присутствуют молекулы воды и ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ , которые могут участвовать в окислительно-восстановительном процессе при прохождении электрического тока. Определите силу тока при электролизе раствора в течение 20 минут 40 секунд и положение металла в электрохимическом ряду напряжений, если известно, что на катоде выделилось 2,8 л водорода при нормальных условиях? В ответе укажите размерность (единицы измерения), проведите проверку размерности.

Для решения задачи используйте формулу  $I = m \cdot F / M_{\text{eq}} \cdot t$  (закон Фарадея), где F – число Фарадея 96500 Кл/моль.

**Решение:**

1) Сила тока определяется по закону Фарадея

$$I = m \cdot F / M_{\text{eq}} \cdot t$$

m – масса образовавшегося на электроде вещества, г

F – число Фарадея 96500 Кл/моль

$M_{\text{eq}}$  = молярная масса эквивалента вещества г/моль

T = время, сек

2) Переведем минут в секунды: 20 минут 40 сек = 1240 сек

3) Молярная масса эквивалента водорода равна единице. Массу водорода можно определить, зная, что при нормальных условиях 1 моль, то есть 2 г водорода занимают 22,4 л.

Тогда 2,8 л будут иметь массу  $m = (2 \cdot 2,8) / 22,4 = 0,25$  г

Подставив все найденные значения в формулу закона Фарадея  $I = 0,25 \cdot 96500 / 1 \cdot 1240 = 19,89$  А

Проверка размерности:  $I = m \cdot F / M_{\text{eq}} \cdot t = \text{г} \cdot \text{Кл} \cdot \text{моль} / \text{моль} \cdot \text{г} \cdot \text{сек} = \text{Кл} \cdot \text{сек} = \text{А}$

Если металл расположен в ряду напряжения до алюминия включительно, то на катоде будет выделяться только водород вследствие восстановления молекул воды. По условиям задачи на катоде выделился водород – значит металл находится в ряду напряжения до алюминия.

### **Задача 5 (20 баллов)**

Коррозия – это разрушение металлов в результате химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой. Химическая коррозия – это разрушение металла в результате протекания окислительно-восстановительных реакций без возникновения электрического тока. Электрохимическая коррозия протекает в среде электролитов (морская, речная вода, влажный грунт, воздух, туман и т.п.). Современные технологии направлены на защиту металлов от электрохимической коррозии. Приведите различные способы защиты металлов от электрохимической коррозии. Приведите схему защиты железного материала от коррозии.

#### **Решение:**

1. Создание защитных поверхностных металлических покрытий. В зависимости от того, является ли защищаемый материал по отношению к покрывающему катодом или анодом различают катодные и анодные покрытия.
2. Протекторная защита применяется для защиты конструкций, работающих в среде электролита (морская вода, почвенная вода и т.д.). Сущность ее заключается в том, что защищаемую конструкцию подсоединяют к протектору – более активному металлу, который является анодом и разрушается, тем самым предохраняя от разрушения основную конструкцию. В качестве протектора используют цинк, магний, алюминий и их сплавы.
3. Катодная защита. Для этого применяют внешние источники постоянного тока (станции катодной защиты). К защищаемой металлической конструкции, например, нефтепроводу, присоединяют отрицательный полюс, а положительный – к металлической болванке, закопанной в землю. В результате на трубопроводе создается избыток электронов, превращая его в катод. Болванка же отдает свои электроны источнику тока, становясь анодом – она окисляется и разрушается.
4. От всех видов коррозии предохраняют защитные покрытия. Используются неметаллические покрытия в виде слоя полимеров, краски или металлические покрытия металлами, обладающими хорошей адгезией (олово, золото, серебро, никель, хром), которые наносят электролитическим способом. При разрушении покрытий, металл подвергается интенсивной коррозии.





Задания, ответы и критерии оценивания

Искусственное выращивание кристаллов – это процесс, при котором кристаллы формируются в специальных лабораторных условиях. Существует несколько методов получения синтетических кристаллов. Современные технологии выращивания камней позволяют получать кристаллы весом до 300 кг и применять их в различных отраслях промышленности.

**Задача 1 (20 баллов)**

Искусственные сапфиры используют в электронике. Для этого выращивают кристаллы в форме стержня. Определите массу и количество в молях искусственного сапфира  $Al_2O_3$  с примесью железа и титана (не учитывая примеси). Известно, что диаметр стержня составляет 5 мм, высота 30 мм, а его плотность в 3,93 раза больше, плотности воды.

$$\text{Объем цилиндра} = \pi r^2 h / 4$$

**Решение:**

1) Вычислим плотность сапфира, зная, что плотность воды  $1 \text{ г/см}^3$ .

$$\rho(Al_2O_3) = 1 * 3,93 = 3,93 \text{ г/см}^3.$$

2) Найдем объем сапфира: стержень – это цилиндр. Объем цилиндра  $= \pi r^2 h / 4 = 30 * 3,14 * 5^2 / 4 = 589 \text{ мм}^3 = 0,589 = 0,59 \text{ см}^3$

3) Масса камня  $m = V * \rho = 0,59 * 3,93 = 2,3 \text{ г}$

4)  $M(Al_2O_3) = 2 * 27 + 3 * 16 = 102 \text{ г/моль}$

5) Определим количество сапфира

$$n(Al_2O_3) = m / M = 2,3 / 102 = 0,02 \text{ моль}$$

**Ответ:** масса сапфира **2,3 г**, количество **0,02 моль**

**Задача 2 (20 баллов)**

Современные технологии позволяют вырастить искусственный сапфир весом 300 кг. Рассчитайте массу самого большого искусственно выращенного сапфира в каратах, если его вес составил 300 кг. Рассчитайте массу в граммах самого большого природного сапфира в мире, если известно, что его вес оставляет 61500 карат?

**Решение:**

1) Найдем массу искусственного сапфира в карат: 1 карат = 0,2 г, следовательно  $300 \text{ кг} = 300000 \text{ г}$ ;  $300000 / 0,2 = 1500000 \text{ карат}$ .

2) Найдем массу самого большого природного сапфира:

$$61500 * 0,2 = 12 \text{ кг } 300 \text{ г}$$

**Ответ:** Масса искусственного сапфира 1,5 млн карат. Масса самого большого сапфира в мире 12 кг 300 г.

### Задача 3 (20 баллов)

При помощи электронного сканирующего микроскопа с приставкой энергодисперсионного анализа был получен элементный состав кристалла горного хрусталя. Так, элементный анализ показал содержание элементов, входящих в состав горного хрусталя: 46 % (Si) и 54 % (O). Проведите теоретический расчёт содержания элементов в горном хрустале, формула которого  $\text{SiO}_2$ . Сравните полученные теоретические значения со значениями прибора. С чем может быть связана разница?

**Решение:**

1)  $\omega = \text{Ar}/\text{Mr}$

2)  $M(\text{SiO}_2) = 28 + 16 \cdot 2 = 60 \text{ г/моль}$

3)  $\omega(\text{Si}) = \text{Ar}/\text{Mr} \cdot 100 \% = 28/60 \cdot 100 = 46,7 \%$

4)  $\omega(\text{O}) = 100 - 46,7 = 53,3 \%$

**Ответ:**  $\omega(\text{Si}) = 46,7 \%$ ,  $\omega(\text{O}) = 53,3 \%$ .

Разница значений может быть связана с погрешностью измерения прибора.

При подсчете молярной массы использовали целые числа атомной массы элементов.

### Задача 4 (20 баллов)

Одним из величайших и красивейших в мире природных алмазов является алмаз «Шах», который хранится в алмазном фонде России. На полированной поверхности этого камня арабской вязью выгравированы имена его владельцев, начиная с 1591г. Однако, это кажется удивительно, как и чем древние мастера вырезали буквы на алмазе, если алмаз – самый твердый из всех камней на Земле? Предложите ваш вариант, как же и чем древние мастера наносили надписи на алмазе?

**Ответ:** Они гранили алмаз алмазом, выбирая самые твердые направления у одного и те, что легче всего поддаются резцу – у другого. За счет анизотропии твердости.

### Задача 5 (20 баллов)

Напишите, как можно отличить синтетический сапфир от природного в ювелирном изделии? Перечислите по три сходства и различия между синтетическим и природным камнем.

**Решение:**

1) Надписью на бирке: надпись «син» будет означать, что камень выращен в лаборатории.

2) По цене. Природный камень не может стоить слишком дешево.

3) Отсутствие включений.

4) На специальном оборудовании, геммолог может заметить вихревые узоры и зоны роста, обусловленные технологией роста.

Сходства: растут под контролем человека, заданной формы, свойства идентичны, твердость обоих камней 9 баллов по Моссу.

Различия: более дешевые, широкий диапазон цветов у синтетического сапфира, каждый природный сапфир уникален в своем роде.

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

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ																	
		А I В	А II В	А III В	А IV В	А V В	А VI В	А VII В	А	VIII						В			
1	1	<b>H</b> 1,0079 1s <sup>1</sup> Водород							<b>H</b>	<b>He</b> 4,00260 1s <sup>2</sup> Гелий	Относительная атомная масса								
2	2	<b>Li</b> 6,941 2s <sup>1</sup> Литий	<b>Be</b> 9,01218 2s <sup>2</sup> Бериллий	<b>B</b> 10,81 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> Бор	<b>C</b> 12,011 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> Углерод	<b>N</b> 14,0067 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> Азот	<b>O</b> 15,9994 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> Кислород	<b>F</b> 18,9984 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> Фтор	<b>Ne</b> 20,179 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> Неон	Символ						<b>H</b> 1,0079 1s <sup>1</sup> Водород	Порядковый (атомный) номер		
3	3	<b>Na</b> 22,9898 3s <sup>1</sup> Натрий	<b>Mg</b> 24,305 3s <sup>2</sup> Магний	<b>Al</b> 26,9815 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> Алюминий	<b>Si</b> 28,0855 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> Кремний	<b>P</b> 30,9738 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> Фосфор	<b>S</b> 32,06 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> Сера	<b>Cl</b> 35,453 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> Хлор	<b>Ar</b> 39,948 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> Аргон	Распределение электронов по уровням						<b>H</b> 1,0079 1s <sup>1</sup> Водород	Конфигурация валентных электронов	Название	
4	4	<b>K</b> 39,0983 4s <sup>1</sup> Калий	<b>Ca</b> 40,08 4s <sup>2</sup> Кальций	<b>Sc</b> 44,9559 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> Скандий	<b>Ti</b> 47,88 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> Титан	<b>V</b> 50,9415 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> Ванадий	<b>Cr</b> 51,996 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> Хром	<b>Mn</b> 54,938 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> Марганец	<b>Fe</b> 55,847 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> Железо	<b>Co</b> 58,9332 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> Кобальт	<b>Ni</b> 58,69 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> Никель								
4	5	<b>Cu</b> 63,546 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> Медь	<b>Zn</b> 65,39 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> Цинк	<b>Ga</b> 69,72 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> Галлий	<b>Ge</b> 72,59 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> Германий	<b>As</b> 74,9216 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> Мышьяк	<b>Se</b> 78,96 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> Селен	<b>Br</b> 79,904 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> Бром	<b>Kr</b> 83,80 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> Криптон										
5	6	<b>Rb</b> 85,4678 5s <sup>1</sup> Рубидий	<b>Sr</b> 87,62 5s <sup>2</sup> Стронций	<b>Y</b> 88,9059 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> Иттрий	<b>Zr</b> 91,22 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> Цирконий	<b>Nb</b> 92,9064 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> Ниобий	<b>Mo</b> 95,94 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> Молибден	<b>Tc</b> 98 4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> Технеций	<b>Ru</b> 101,07 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> Рутений	<b>Rh</b> 102,905 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> Родий	<b>Pd</b> 106,42 4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup> Палладий								
5	7	<b>Ag</b> 107,868 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> Серебро	<b>Cd</b> 112,41 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> Кадмий	<b>In</b> 114,82 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> Индий	<b>Sn</b> 118,71 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> Олово	<b>Sb</b> 121,75 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> Сурьма	<b>Te</b> 127,60 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> Теллур	<b>I</b> 126,905 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> Йод	<b>Xe</b> 131,29 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> Ксенон										
6	8	<b>Cs</b> 132,905 6s <sup>1</sup> Цезий	<b>Ba</b> 137,33 6s <sup>2</sup> Барий	<b>La*</b> 138,905 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лантан	<b>Hf</b> 178,49 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> Гафний	<b>Ta</b> 180,9479 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> Тантал	<b>W</b> 183,85 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> Вольфрам	<b>Re</b> 186,207 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> Рений	<b>Os</b> 190,2 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> Осмий	<b>Ir</b> 192,22 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> Иридий	<b>Pt</b> 195,08 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> Платина								
6	9	<b>Au</b> 196,967 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> Золото	<b>Hg</b> 200,59 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> Ртуть	<b>Tl</b> 204,383 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> Таллий	<b>Pb</b> 207,2 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> Свинец	<b>Bi</b> 208,980 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> Висмут	<b>Po</b> [209] 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> Полоний	<b>At</b> [210] 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> Астат	<b>Rn</b> [222] 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> Радон										
7	10	<b>Fr</b> [223] 7s <sup>1</sup> Франций	<b>Ra</b> [226] 7s <sup>2</sup> Радий	<b>Ac**</b> [227] 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Актиний	<b>Rf</b> [261] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Резерфордий	<b>Rf</b> [261] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Резерфордий	<b>Db</b> [262] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> Дубний	<b>Sg</b> [266] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> Сиборгий	<b>Bh</b> [268] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> Борий	<b>Hs</b> [277] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> Гассий	<b>Mt</b> [277] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> Мейтнерий	<b>Ds</b> [285] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>9</sup> 7s <sup>1</sup> Дармштадтий							
7	11	<b>Rg</b> [280] Рентгений	<b>Cn</b> [285] Коперниций	<b>Nh</b> [284] Нихоний	<b>Fl</b> [284] Флеровий	<b>Mc</b> [288] Московский	<b>Lv</b> [293] Ливерморий	<b>Ts</b> [294] Теннессин	<b>Og</b> [294] Оганесон										
ФОРМУЛА ВЫСШЕГО ОКСИДА		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>										
ФОРМУЛА ЛЕГЧЕГО ВОДОРОДНОГО СОЕДИНЕНИЯ					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	RH <sub>2</sub>	RH											

\*Лантаноиды

58 <b>Ce</b> 140,12 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Церий	59 <b>Pr</b> 140,908 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> Празеодим	60 <b>Nd</b> 144,24 4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> Неодим	61 <b>Pm</b> [145] 4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> Прометий	62 <b>Sm</b> 150,36 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> Самарий	63 <b>Eu</b> 151,96 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> Европий	64 <b>Gd</b> 157,25 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Гадолиний	65 <b>Tb</b> 158,925 4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> Тербий	66 <b>Dy</b> 162,50 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> Диспрозий	67 <b>Ho</b> 164,930 4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup> Гольмий	68 <b>Er</b> 167,26 4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup> Эрбий	69 <b>Tm</b> 168,934 4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup> Тулий	70 <b>Yb</b> 173,04 4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup> Иттербий	71 <b>Lu</b> 174,967 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лютеций
--	---	---	--	--	--	--	--	---	--	---	--	--	--

\*\*Актиноиды

90 <b>Th</b> 232,038 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Торий	91 <b>Pa</b> [231] 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Протактиний	92 <b>U</b> 238,029 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Уран	93 <b>Np</b> [237] 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Нептуний	94 <b>Pu</b> [244] 5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> Плутоний	95 <b>Am</b> [243] 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> Америций	96 <b>Cm</b> [247] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Кюрий	97 <b>Bk</b> [247] 5f <sup>9</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Берклий	98 <b>Cf</b> [251] 5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> Калифорний	99 <b>Es</b> [252] 5f <sup>11</sup> 7s <sup>2</sup> Эйнштейний	100 <b>Fm</b> [257] 5f <sup>12</sup> 7s <sup>2</sup> Фермий	101 <b>Md</b> [260] 5f <sup>13</sup> 7s <sup>2</sup> Менделевий	102 <b>No</b> [259] 5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup> Нобелий	103 <b>Lr</b> [262] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Лоуренсий
---	---	---	--	--	--	---	---	---	---	--	--	---	---

**Комментарий к заданиям для проверяющих.** При записи ответа допускается округление чисел до целого. При оценке решения задачи учитывается правильность хода решения.

**Задача 5.** В решении приведен один из вариантов ответа (ответ может отличаться). Проверяющий оценивает логику рассуждений школьника. Правильность решения оценивается на усмотрение проверяющего.