

КЛУЧ ЗА ДРЖАВНИОТ НАТПРЕВАР ПО ХЕМИЈА – 2025

ПРВА КАТЕГОРИЈА

ЗАДАЧА 1. Пресметајте колкав вкупен број електрони се содржат во примерок од 10 грама калциум дихидрогенфосфат монохидрат. Атомските броеви на Ca, P, H и O изнесуваат 20, 15, 1 и 8, соодветно.

(10 поени)

РЕШЕНИЕ:

Најпрво, повољно е да се изведе бројот на единици од $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$:

$$N(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = n(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot N_A$$

$$N(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O})}{M(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O})} \cdot N_A \quad (2 \text{ поени})$$

Во солта, калциумот е јонизиран со полнеж (2+), што значи дека поседува 18 електрони. Бројот на електрони во неутрална H_2PO_4 групација би бил $2+15+32$, односно 49, што значи дека во соодветниот H_2PO_4^- јон се содржат 50 електрони, односно во два вакви ањони 100. Водата содржи 10 електрони, па вкупниот број електрони во една единица од солта е $18 + 100 + 10$, односно 128.

$$n(\text{електрони}) : n(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 128 : 1$$

$$n(\text{електрони}) = 128 n(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) \quad (2 \text{ поени})$$

Ако го помножиме горното равенство со N_A од двете страни, добиваме:

$$n(\text{електрони}) \cdot N_A = 128 n(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot N_A$$

$$N(\text{електрони}) = 128 n(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot N_A$$

$$N(\text{електрони}) = 128 \frac{m(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O})}{M(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O})} \cdot N_A$$

$$N(\text{електрони}) = \frac{128 \cdot 10 \text{ g} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{252 \text{ g/mol}} \quad (2 \text{ поени})$$

$$N(\text{електрони}) = 3,06 \cdot 10^{24} \quad (4 \text{ поени})$$

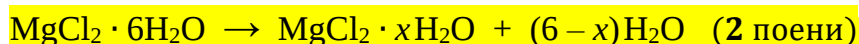
Напомена: Задачавата може да се реши знаејќи дека бројот на електрони во сите појдовни елементи и во крајното соединение е ист. Вака за бројот на електрони во една единица имаме 20 (од еден калциум), 30 (од два фосфора), 6 (од шест водорода) и 72 (од девет кислорода), односно вкупно 128 електрони по единица.

ЗАДАЧА 2. Примерок од магнезиум хлорид хексахидрат е загреван доволно долго време на 130 °C за да настане дехидратација. По целосно завршување на реакцијата масата на примерокот била намалена за точно 35,43 %. Оваа вредност значи ја со β . До кое соединение се разложил кристалохидратот на 130 °C?

(12 поени)

РЕШЕНИЕ:

Нека реакцијата на дехидратација ја запишеме во следниот облик:



Намалувањето на масата на примерокот се должи на молекулите вода кои се продукт на реакцијата кои при загревањето на 130 °C го напуштиле реакциониот сад. Според тоа, β е:

$$\beta = \frac{m(\text{испарена вода})}{m(\text{почетна маса на солта})} = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} \quad (2 \text{ поени})$$

$$\beta = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} = \frac{n(\text{H}_2\text{O})M(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})M(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} \quad (2 \text{ поени})$$

Од стехиометријата на реакцијата може да извлечеме уште информации корисни за решавањето. Имено, ќе ги погледнеме токму оние две количества кои се потребни во последната равенка за β , т.е.:

$$n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = (6 - x) : 1 \quad (1 \text{ поен})$$

Сега, овој количествен однос може да се замени во добиената равенка за β :

$$\beta = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} = \frac{(6 - x) \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}$$

$$6 - x = \frac{\beta \cdot M(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})}$$

$$x = 6 - \frac{\beta \cdot M(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} \quad (2 \text{ поени})$$

$$x = 6 - \frac{0,3543 \cdot 203,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{18,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 6 - 3,999$$

$$x = 2 \quad (3 \text{ поени})$$

Крајниот продукт при загревање на $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ на 130 °C е хидратот $\text{MgCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

ЗАДАЧА 3. Витаминот B_{12} е есенцијален за човечкиот организам, а игра важна улога во формирањето на црвените крвни клетки, метаболизмот, синтезата на DNA, обложувањето на нервните влакна со миелин, покрај големиот број други функции. Овој витамин се среќава во повеќе форми, од кои една е метикобаламин со хемиска формула $C_{63}H_{91}CoN_{13}O_{14}P$. Препорачаниот внес од метилкобаламин изнесува $2,40 \mu\text{g}/\text{ден}$. Колкав волумен од раствор на метилкобаламин со концентрација $3,58 \cdot 10^{-6} \text{ mol}/\text{dm}^3$ треба да се внесе во организмот за да бидат задоволени 80 % од дневната потреба од витаминот B_{12} ?

(4 поени)

РЕШЕНИЕ:

Масата од B_{12} која треба да се внесе за да се задоволат 80 % од $2,40 \mu\text{g}$ е $0,80 \cdot 2,40 \mu\text{g}$, односно $1,92 \mu\text{g}$.

Од формулата за количинска концентрација може да се извади потребниот волумен од растворот на B_{12} :

$$c(B_{12}) = \frac{n(B_{12})}{V(\text{раствор})} = \frac{m(B_{12})}{M(B_{12})V(\text{раствор})} \quad (1 \text{ поен})$$

$$\Rightarrow V(\text{раствор}) = \frac{m(B_{12})}{c(B_{12})M(B_{12})} \quad (1 \text{ поен})$$

$$V(\text{раствор}) = \frac{m(B_{12})}{c(B_{12})M(B_{12})} = \frac{1,92 \cdot 10^{-6} \text{ g}}{3,58 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1340 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,00040 \text{ L}$$

$$= 0,40 \text{ mL} \quad (2 \text{ поени})$$

Потребниот волумен изнесува $400 \mu\text{L}$, односно волумен на приближно осум капки од растворот.

ЗАДАЧА 4. Раствор на тобрамицин ($C_{18}H_{37}N_5O_9$) има густина од $1,00 \text{ g/cm}^3$. Знаејќи дека во 1 капка од растворот се содржат 644.060.000 милијарди атоми азот, пресметајте колку процентен е овој раствор (според масен удел). Земете дека една капка од растворот зазема волумен од $50 \mu\text{L}$. **(6 поени)**

РЕШЕНИЕ:

Ќе го изразиме количествениот однос на азотот во тобрамицинот и ќе ја преуредиме формулата:

$$n(N) : n(C_{18}H_{37}N_5O_9) = 5 : 1 \Rightarrow n(N) = 5n(C_{18}H_{37}N_5O_9) \quad (1 \text{ поен})$$

Сега е погодно азотот да го изразиме преку бројот на атоми N, а тобрамицинот преку неговиот раствор:

$$\frac{N(N)}{N_A} = \frac{5m(C_{18}H_{37}N_5O_9)}{M(C_{18}H_{37}N_5O_9)} = \frac{5w(C_{18}H_{37}N_5O_9)m(\text{раствор})}{M(C_{18}H_{37}N_5O_9)}$$

$$= \frac{5w(C_{18}H_{37}N_5O_9)\rho(\text{раствор})V(\text{раствор})}{M(C_{18}H_{37}N_5O_9)}$$

$$\frac{N(N)}{N_A} = \frac{5w(C_{18}H_{37}N_5O_9)\rho(\text{раствор})V(\text{раствор})}{M(C_{18}H_{37}N_5O_9)} \quad (2 \text{ поени})$$

Останува од тука да се изрази масениот удел на тобрамицин во растворот:

$$w(C_{18}H_{37}N_5O_9) = \frac{M(C_{18}H_{37}N_5O_9)N(N)}{5\rho(\text{раствор})V(\text{раствор})N_A}$$

$$= \frac{467,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 644060000 \cdot 10^9}{5 \cdot 10^3 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \text{ L} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}$$

$$w(C_{18}H_{37}N_5O_9) = 0,0020 = 0,20 \% \quad (3 \text{ поени})$$

ЗАМИСЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ:

Определување на бигорливост на вода за пиење со таложење

Бигорливоста (тврдината) на водата потекнува од растворени соли, најчесто хидрогенкарбонати, кои при загревање може да формираат наслаги од бигор врз грејните тела и сл. Скопската вода е една од потврдите води во регионот. Да сметаме дека тврдината на водата потекнува само од $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, односно дека во водата се содржат само соли на калциум и магнезиум. Оваа претпоставка е сосема на место знаејќи го фактот дека другите јони (особено јоните на тешките метали) се практично отсутни во водата за пиење.

За да ја определи бигорливоста на водата, ученикот зел примерок од 500 mL и со загревање го отпарил до точно 50 mL. Примерок од 20 mL од добиениот раствор бил третиран со вишок од раствор на натриум карбонат при што се добил бел талог. Ученикот го филтрирал и промил талогот, го оставил да се суши од влага, па го извагал. Масата на овој талог, мерена по филтрирање и сушење, изнесувала 63,88 mg.

Други 20 mL од добиениот раствор биле третирани со вишок од раствор на натриум хидрогенфосфат, во присуство на NH_4OH и NH_4Cl , при што повторно е добиен бел талог. Масата на овој талог пак, измерена по негово филтрирање, промивање и сушење, изнесувала 22,60 mg.

Одговорете на следниве **Прашања/Задачи од 5.1. до 5.6.** во врска со експериментот за тврдина на вода.

Прашање 5.1. На почеток, со отпарување волуменот на примерокот вода е 10 кратно намален. Притоа:

(А) концентрациите на растворените соли се 10 кратно зголемени, а нивните маси 10 кратно намалени.

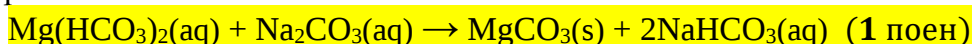
(Б) концентрациите на растворените соли се 10 кратно намалени, а нивните маси 10 кратно зголемени.

(В) концентрациите на растворените соли се 10 кратно зголемени, а нивните маси се непроменети. (1 поен)

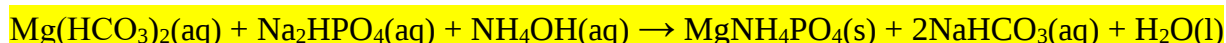
(Г) концентрациите на растворените соли се 10 кратно намалени, а нивните маси се непроменети.

(Д) Ниту еден од понудените одговори не е целосно точен.

Прашање 5.2. Напиши ги равенките на реакциите што се случуваат при додавање на натриум карбонат.



Прашање 5.3. Напиши ја равенката на реакцијата што се случува при додавање на раствор од натриум хидрогенфосфат во присуство на NH_4OH и NH_4Cl (сметај дека во реакцијата учествува амониум хидроксидот, но не и амониум хлоридот): **(2 поени)**



Прашање 5.4. Кој е составот на белиот талог добиен со додавање на натриум карбонат, а кој со додавање натриум хидрогенфосфат во присуство на амониум хидроксид и амониум хлорид?

При додавање на растворот од натриум карбонат се добива бел талог кој е смеса од калциум карбонат и магнезиум карбонат. Во случајот со додавањето на натриум хидрогенфосфат во амонијачна средина се добива бел талог, овој пат од амониум магнезиум фосфат (**реакција за идентификација на Mg^{2+} јони**). (1 поен)

Задача 5.5. Колку mg $Ca(HCO_3)_2$ и $Mg(HCO_3)_2$ се содржат во првично земениот примерок вода за пиење?

РЕШЕНИЕ:

Во реакцијата со натриум хидрогенфосфат таложи само магнезиумот, па погодно е да почнеме од него:

$$n(Mg(HCO_3)_2) = n(MgNH_4PO_4)$$

$$\frac{m(Mg(HCO_3)_2)}{M(Mg(HCO_3)_2)} = \frac{m(MgNH_4PO_4)}{M(MgNH_4PO_4)} \quad (1 \text{ поен})$$

$$m(Mg(HCO_3)_2) = \frac{m(MgNH_4PO_4)M(Mg(HCO_3)_2)}{M(MgNH_4PO_4)} = \frac{0,02260 \text{ g} \cdot 146,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{137,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,0241 \text{ g} \\ = 24,1 \text{ mg} \quad (1 \text{ поен})$$

Оваа маса се однесува на масата магнезиум хидрогенкарбонат присутен во 20 mL проба, а вкупната маса во 50 mL е 2,5 пати поголема:

$$m(Mg(HCO_3)_2)_{\text{во 50 mL}} = 60,2 \text{ mg} = m(Mg(HCO_3)_2)_{\text{во 500 mL вода за пиење}} \quad (1 \text{ поен})$$

Оваа маса е сосема иста во 50 mL и во 500 mL! Со отпарување се губи само водата, а не и растворените соли!

Содржината на калциум може да се пресмета од анализата на првите 20 mL проба. Добиеениот талог има мешан состав, односно потекнува од калциум карбонат и од магнезиум карбонат, добиени од таложеење на солите во водата. Неговата вкупна маса, која е позната, е збирот:

$$m(\text{талог}) = m(CaCO_3)_{\text{од исталожен } Ca(HCO_3)_2} + m(MgCO_3)_{\text{од исталожен } Mg(HCO_3)_2}$$

$$m(\text{талог}) = n(CaCO_3)M(CaCO_3) + n(MgCO_3)M(MgCO_3) \quad (1 \text{ поени})$$

Бидејќи овие учесници во реакциите се во количествен сооднос 1:1 може да запишеме:

$$m(\text{талог}) = \frac{m(Ca(HCO_3)_2)}{M(Ca(HCO_3)_2)} M(CaCO_3) + \frac{m(Mg(HCO_3)_2)}{M(Mg(HCO_3)_2)} M(MgCO_3) \quad (1 \text{ поен})$$

Во оваа равенка единствена непозната е масата на калциум хидрогенкарбонат:

$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{M(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)}{M(\text{CaCO}_3)} \left(m(\text{талог}) - \frac{m(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)M(\text{MgCO}_3)}{M(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)} \right) \quad (1 \text{ поен})$$

$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{162 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{100 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \left(0,06388 \text{ g} - \frac{0,0241 \text{ g} \cdot 84,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{146,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \right) = 0,0810 \text{ g} \\ = 81,0 \text{ mg} \quad (2 \text{ поени})$$

$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)_{\text{во } 50 \text{ mL}} = 2,5 \cdot 81,0 \text{ mg} = 202,5 \text{ mg} = m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)_{\text{во } 500 \text{ mL вода}} \quad (1 \text{ поен})$$

Задача 5.6. Изразете ја бигорливоста на водата во mg/L од Ca, односно mg/L од Mg.

Најпрво треба масите за солите добиени во минатиот дел да ги претвориме во маси од Ca, т.е. Mg:

$$m(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)M(\text{Mg})}{M(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)} = \frac{0,0602 \text{ g} \cdot 24,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{146,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,0099 \text{ g} = 10 \text{ mg} \quad (1 \text{ поен})$$

$$m(\text{Ca}) = \frac{m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)M(\text{Ca})}{M(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)} = \frac{0,2025 \text{ g} \cdot 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{162 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,0500 \text{ g} = 50 \text{ mg} \quad (1 \text{ поен})$$

Овие маси се добиени од анализа на половина литар питка вода, па нивната маса во цел литар вода би била двапати поголема, односно **20 милиграми Mg / литар** вода и **100 милиграми Ca / литар** вода (1 поен). Навистина, скопската вода има состав кој е сосема близок до составот определен во овој експеримент!