

## Стандардни раствори

Да се определи колкава маса чист натриум карбонат е потребно да се извага за да се подготви раствор со волумен од 1 L во кој количествената концентрација на солта ќе изнесува 0,1 mol/L. Моларната маса на натриум карбонатот е 106 g/mol. Да се спореди колкава маса чист натриум карбонат декахидрат ќе биде потребна да се подготви истиот раствор (иста концентрација и волумен), а колкава маса е потребна ако се користи натриум карбонат декахидрат со масен удел од 99,0 %.

Решение:

Најнапред се определува масата од чист натриум карбонат ( $w = 100 \%$ ) што е потребна да се земе за да се подготви растворот:

$$V(\text{раствор}) = 1 \text{ L}$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(\text{раствор})}, \quad n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{раствор})}$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{раствор})}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{раствор}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} \cdot 106,0 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10,60 \text{ g}$$

Доколку станува збор за натриум карбонат декахидрат, потребно е да се постави односот на количества од безводната сол и кристалохидратот. Во водни раствори, секогаш се определува концентрацијата само на солта, а не на кристалохидратот. Молекулите вода од кристалохидратот стануваат дел од растворувачот. Придонесот на кристалната вода кон вкупниот волумен од растворот е занемарлива. Според тоа:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(\text{раствор})} = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{V(\text{раствор})},$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{раствор})}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{раствор}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} \cdot 286,1 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 28,61 \text{ g/mol}$$

Доколку не станува збор за чист натриум карбонат декахидрат, тоа треба да се земе предвид при пресметките:

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 99,0 \%$$

Се почнува со истата равенка за пресметување на концентрацијата на  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(\text{раствор})} = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{V(\text{раствор})},$$

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{раствор})}$$

Во оваа равенка, масата се однесува на чист кристалохидрат. Затоа потребно е да се земе предвид и делот кој не се однесува на натриум карбонатот. Тоа се прави преку масениот удел.

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{m}, \text{ каде } m \text{ се однесува на масата на супстанцата со чистота } 99,0 \%$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = w(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot m$$

Оваа равенка се заменува во равенката за пресметување на концентрацијата на натриум карбонат и се добива:

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{w(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot m}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{раствор})}$$

$$m = \frac{c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{раствор})}{w(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}$$

$$m = \frac{0,1 \text{ mol/L} \cdot 286,1 \text{ g/mol} \cdot 1 \text{ L}}{0,99}$$

$$m = 28,90 \text{ g}$$

За добивање на полианилин/AgCl хибриден материјал потребно е да се подготви примарен стандард од калиум хидрогенјодат  $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$  во кој количествената концентрација на растворената супстанца треба да биде  $0,002 \text{ mol/L}$ . Колкава маса чист  $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$  треба да се внесе во волуметриска колба од  $2 \text{ L}$ , за да се подготви растворот со бараната концентрација?

Решение:

$$c = 0,002 \text{ mol/L}$$

$$V(\text{p-p}) = 2 \text{ L}$$

$$M = 389,9116 \text{ g/mol}$$

$$m = ?$$

$$c = \frac{n}{V(\text{раствор})} = \frac{m}{M \cdot V(\text{раствор})}$$

$$m = c \cdot M \cdot V(\text{раствор}) = 0,002 \text{ mol/L} \cdot 389,9116 \text{ g/mol} \cdot 2 \text{ L}$$

$$m = 1,5596 \text{ g}$$

Стандардниот раствор од натриум арсенит  $\text{Na}_3\text{AsO}_3$ , се користи кај оксидо-редукционите титрации. За таа цел, потребно е да се подготви примарен стандард од цврст, хемиски чист ( $\sim 100 \%$ ) арсен(III) оксид. Подготовката вклучува вагање на претходно пресметаната маса од  $\text{As}_2\text{O}_3$ , на аналитичка вага. Потоа, супстанцата се внесува во волуметриска колба и се додава раствор од натриум хидроксид. По целосното растворање, растворот се закиселува со хлороводородна киселина и се дополнува до марката со дестилирана вода. Да се пресмета колкава маса  $\text{As}_2\text{O}_3$  е потребно да се раствори за подготовка на  $1 \text{ L}$  стандарден раствор од  $\text{Na}_3\text{AsO}_3$  во кој концентрацијата на супстанцата ќе биде  $0,1 \text{ mol/L}$ .

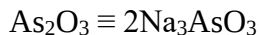
Решение:

$$V(\text{p-p}) = 1 \text{ L}$$

$$c(\text{Na}_3\text{AsO}_3) = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$M(\text{As}_2\text{O}_3) = 197,841 \text{ g/mol}$$

$$m = ?$$



$$n(\text{As}_2\text{O}_3) : n(\text{Na}_3\text{AsO}_3) = 1 : 2$$

$$n(\text{As}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} n(\text{Na}_3\text{AsO}_3)$$

$$\frac{m(\text{As}_2\text{O}_3)}{M(\text{As}_2\text{O}_3)} = \frac{1}{2} c(\text{Na}_3\text{AsO}_3) \cdot V(\text{раствор})$$

$$m(\text{As}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} c(\text{Na}_3\text{AsO}_3) \cdot V(\text{раствор}) \cdot M(\text{As}_2\text{O}_3)$$

$$m(\text{As}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} \cdot 197,841 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{As}_2\text{O}_3) = 9,8921 \text{ g}$$

Стандардниот раствор на бензоева киселина во метилен хлорид се користи како примарен стандард при калибрација кај некои инструментални методи (HPLC, GC). 1 L од овој раствор се подготвува со растворање на 2,0000 g бензоева киселина во метилен хлорид. Колку изнесува масената концентрација (изразена во  $\mu\text{g/mL}$ ), а колку количествената концентрација (во  $\text{mol/L}$ )?

Решение:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 2,0000 \text{ g}$$

$$V(\text{p-p}) = 1 \text{ L}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 122,12 \text{ g/mol}$$

$$\gamma(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = ?$$

$$c(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = ?$$

$$\gamma(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})}{V(\text{раствор})} = \frac{2,0000 \text{ g}}{1 \text{ L}}$$

$$\gamma(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 2,0000 \text{ g/L} = 2 \cdot \frac{10^6 \mu\text{g}}{10^3 \text{ mL}} = 2000 \mu\text{g/mL}$$

$$c(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = \frac{n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})}{V(\text{раствор})} = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})}{M(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) \cdot V(\text{раствор})} = \frac{2,0000 \text{ g}}{122,12 \text{ g/mol} \cdot 1 \text{ L}}$$

$$c(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 0,0164 \text{ mol/L}$$

При подготовка на стандарден раствор од калиум хидрогенфталат (КНР), лабораторискиот техничар на аналитичка вага, во сатче за вагање извагал од супстанцата. Масата на сатчето со КНР била 15,3845 g. Потоа, полното сатче го ставил во сушара на температура од 110 °C во текот на 2 h. По ладењето, сатчето со супстанцата биле повторно извагани и регистрирана била маса од 15,2283 g. Во следниот чекор, супстанцата била пренесена во волуметриска колба од 250 mL и била додадена дестилирана вода. Празното сатче било повторно извагано и била отчитана неговата маса: 14,8511 g. Колку изнесува количествената концентрација (изразена во mmol/L) на вака приготвениот стандарден раствор?

Решение:

$$m_0(\text{сатче} + \text{КНР}) = 15,3845 \text{ g}$$

$$m(\text{сатче} + \text{КНР}) = 15,2283 \text{ g}$$

$$m(\text{сатче}) = 14,8511 \text{ g}$$

$$V(\text{p-p}) = 250 \text{ mL}$$

$$M(\text{КНР}) = 204,23 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{КНР}) = ?$$

$$c(\text{КНР}) = \frac{n(\text{КНР})}{V(\text{раствор})} = \frac{m(\text{КНР})}{M(\text{КНР}) \cdot V(\text{раствор})} = \frac{m(\text{сатче} + \text{КНР}) - m(\text{сатче})}{M(\text{КНР}) \cdot V(\text{раствор})}$$

$$c(\text{КНР}) = \frac{15,3845 \text{ g} - 14,8511 \text{ g}}{204,23 \text{ g/mol} \cdot 0,25 \text{ L}} = 0,0073877 \text{ mol/L}$$

$$c(\text{КНР}) = 7,3877 \text{ mmol/L}$$

Калиум броматот се користи како стандарден раствор при броматометриските титрации кои се дел од класата на оксидо-редикциони волуметриски методи. За изведување на една титрација било потребно да се подготви стандарден раствор од  $\text{KBrO}_3$  со количествена концентрација на растворената супстанца од 0,05 mol/L. За таа цел, некој студент пресметал колкава маса од супстанцата треба да се земе за да се добие 500 mL раствор. При подготовката на растворот, тој успеал да ја извага точно пресметаната маса. Супстанцата, заедно со сатчето за вагање ја ставил во сушница на температура од 150 °C во текот на 24 h. По сушењето, супстанцата изгубила 1,12 % од својата маса, а по пренесувањето во волуметриската колба останале непренесени 0,0193 g. Колку изнесува концентрацијата на  $\text{KBrO}_3$  во подготвениот раствор? Колку оваа вредност отстапува од потребната (разликата да се изрази во проценти)?

Решение:

$$c_o(\text{KBrO}_3) = 0,05 \text{ mol/L}$$

$$V(\text{p-p}) = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

$$M(\text{KBrO}_3) = 167,00 \text{ g/mol}$$

$$c(\text{KBrO}_3) = ?$$

$$c_o(\text{KBrO}_3) = \frac{n_o(\text{KBrO}_3)}{V(\text{раствор})} = \frac{m_o(\text{KBrO}_3)}{M(\text{KBrO}_3) \cdot V(\text{раствор})}$$

$$m_o(\text{KBrO}_3) = c_o(\text{KBrO}_3) \cdot M(\text{KBrO}_3) \cdot V(\text{раствор})$$

$$m_o(\text{KBrO}_3) = 0,05 \text{ mol/L} \cdot 167,00 \text{ g/mol} \cdot 0,5 \text{ L}$$

$$m_o(\text{KBrO}_3) = 4,1750 \text{ g}$$

$$m(\text{KBrO}_3) = m_o(\text{KBrO}_3) - 0,012 \cdot m_o(\text{KBrO}_3) - 0,0193 \text{ g}$$

$$m(\text{KBrO}_3) = 4,1750 \text{ g} - 0,012 \cdot 4,1750 \text{ g} - 0,0193 \text{ g}$$

$$m(\text{KBrO}_3) = 4,1089 \text{ g}$$

$$c(\text{KBrO}_3) = \frac{n(\text{KBrO}_3)}{V(\text{раствор})} = \frac{m(\text{KBrO}_3)}{M(\text{KBrO}_3) \cdot V(\text{раствор})} = \frac{4,1089 \text{ g}}{167,00 \text{ g/mol} \cdot 0,5 \text{ L}}$$

$$c(\text{KBrO}_3) = 0,0492 \text{ mol/L}$$

$$\text{отстапување/\%} = \frac{c_o(\text{KBrO}_3) - c(\text{KBrO}_3)}{c(\text{KBrO}_3)} \cdot 100 = \frac{0,0500 \text{ mol/L} - 0,0492 \text{ mol/L}}{0,0492 \text{ mol/L}} \cdot 100$$

$$\text{отстапување/\%} = 1,63 \%$$

При подготовка на примарен стандард од некоја супстанца, лаборантот не зел предвид дека при сушењето доаѓа до губиток во масата. Колкава ќе биде разликата во концентрацијата на растворената супстанца во растворите, ако се знае дека при сушење доаѓа до намалување на масата за 2 % како резултат на присутната влага? Да се смета дека супстанцата целосно е пренесена во волуметриската колба.

Решение:

$$m = m_0 - 0,02 \cdot m_0 = 0,98 m_0$$

$$\frac{c_0}{c} = \frac{\frac{n_0}{V(\text{раствор})}}{\frac{n}{V(\text{раствор})}} = \frac{n_0}{n} = \frac{\frac{m_0}{M}}{\frac{m}{M}} = \frac{m_0}{m} = \frac{m_0}{0,98 \cdot m_0} = \frac{1}{0,98}$$

$$c = 0,98 \cdot c_0$$

За подготовка на некој примарен стандард со точно зададена концентрација, потребно е да се извагаат 5,0000 g чиста и сува супстанца. Ако за подготовка на растворот, наместо сува супстанца се земе комерцијално достапна, која има влага, губитокот на масата при сушењето е 1,5 %. Колкава ќе биде разликата во концентрациите (односот) од потребната и добиената вредност за концентрацијата, ако за подготовка на растворот биле земени 5,0000 g од супстанцата и биле сушени до константна маса? Да се смета дека при пренесувањето на супстанцата од сатчето за вагање во волуметриската колба, биле дополнително изгубени 0,0302 g од супстанцата.

Решение:  $c = 0,978 \cdot c_0$

Во хемиската лабораторија на располагање има стандарден раствор од натриум карбонат со количествена концентрација на растворената супстанца од 0,9678 mol/L. Колкав волумен од овој раствор е потребно да се земе за да се подготват 250 mL раствор во кој концентрацијата на натриум карбонатот ќе изнесува точно 0,4000 mol/L?

Решение:

$$c_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,9678 \text{ mol/L}$$

$$V_2(\text{p-p}) = 250 \text{ mL}$$

$$c_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,4000 \text{ mol/L}$$

$$V_1(\text{p-p}) = ?$$

$$n_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n_2(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$c_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V_1(\text{раствор}) = c_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$V_1(\text{раствор}) = \frac{c_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V_2(\text{раствор})}{c_1(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{0,4000 \text{ mol/L} \cdot 250 \text{ mL}}{0,9678 \text{ mol/L}}$$

$$V_1(\text{раствор}) = 103,33 \text{ mL}$$

За подготовка на стандарден раствор од сулфурна киселина се користи концентрирана сулфурна киселина со чистота р.а. и масен удел од 96 %. Овој раствор, при 25 °C има густина од 1,840 g/mL. Колкав волумен од концентрираната киселина треба да се земат за да се подготват 10 L стандарден раствор со концентрација од 1 mol/L?

Решение:

$$w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 96 \% = 0,96$$

$$\rho_1 = 1,840 \text{ g/mL}$$

$$V_2(\text{p-p}) = 10 \text{ L}$$

$$c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol/L}$$

$$V_1(\text{p-p}) = ?$$

**I начин:**

Може најнапред да се определи колкава е количествената концентрација на концентрираната киселина:

$$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n_1(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V_1(\text{раствор})} = \frac{m_1(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_1(\text{раствор})},$$

Каде масата на сулфурна киселина се поврзува со изразот за масен удел:

$$w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m_1(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_1(\text{раствор})}, \quad m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(\text{раствор}),$$

па се добива:

$$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m_1(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_1(\text{раствор})} = \frac{w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(\text{раствор})}{M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_1(\text{раствор})}$$

Односот од масата и волуменот на растворот ја дава неговата густина, па според тоа:

$$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(\text{раствор})}{M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_1(\text{раствор})} = \frac{w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho_1(\text{раствор})}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

$$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,96 \cdot 1,840 \text{ g/mL}}{98,079 \text{ g/mol}} = 0,01801 \text{ mol/L}$$

$$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 18,01 \text{ mol/L}$$



Потоа се користи формулата за разредување на раствори:

$$n_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = n_2(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$c_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_1(\text{раствор}) = n_2(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$V_1(\text{раствор}) = \frac{c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})}{c_1(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{1 \text{ mol/L} \cdot 10 \text{ L}}{18,01 \text{ mol/L}}$$

$$V_1(\text{раствор}) = 0,5552 \text{ L} = 555,2 \text{ mL}$$

## II начин:

Може веднаш да се тргне од формулата за разредување:

$$n_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = n_2(\text{H}_2\text{SO}_4),$$

така што во таа формула би се внесувале сите соодветни измени. Количеството на сулфурна киселина би се изразило преку масата на сулфурна киселина, која потоа би се свела на израз кој го вклучува масениот удел, а од десната страна замената би се направила преку изразот за пресметување на количествената концентрација:

$$\frac{m_1(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$\frac{w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(\text{раствор})}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

Масата на првиот раствор,  $m_1(\text{раствор})$ , се изразува преку густината на тој раствор, така што се добива:

$$\frac{w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho_1(\text{раствор}) \cdot V_1(\text{раствор})}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

Во вака запишаниот израз, има само една непозната, а тоа е величината која се бара – волуменот на почетниот раствор кој треба да се земе. Според тоа, ако се изрази таа величина, се добива:

$$V_1(\text{раствор}) = \frac{c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_2(\text{раствор}) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4)}{w_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho_1(\text{раствор})} = \frac{1 \text{ mol/L} \cdot 10 \text{ L} \cdot 98,079 \text{ g/mol}}{0,96 \cdot 1,840 \text{ g/mL}}$$

$$V_1(\text{раствор}) = 555,2 \text{ mL}$$

Еден од начините за определување на содржината на лоратадин во таблетките наменети против алергиски реакции е со помош на титрација со перхлорна киселина во неводна средина. За таа цел се користи стандарден раствор од  $\text{HClO}_4$ . Подготовката на овој раствор вклучува растворање на точно определен волумен 70 % перхлорна киселина во глацијална оцетна киселина. Колкав волумен 70 %  $\text{HClO}_4$  треба да се земе за подготовка на 250 mL раствор во кој количествената концентрација на  $\text{HClO}_4$  ќе биде 0,1 mol/L? Колкава ќе биде концентрацијата на водата, а колкава на оцетната киселина во вака приготвениот раствор? Густините на 70 % перхлорна киселина, глацијална оцетна киселина и вода, при 25 °C се: 1,664 g/mL, 1,050 g/mL и 0,997 g/mL, соодветно.

Решение:

$$w_1(\text{HClO}_4) = 70 \% = 0,70$$

$$\rho_1(\text{HClO}_4) = 1,667 \text{ g/mL}$$

$$w_1(\text{CH}_3\text{COOH}) = 100 \% = 1,00$$

$$\rho_1(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,050 \text{ g/mL}$$

$$c_2(\text{HClO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$\rho_1(\text{H}_2\text{O}) = 0,997 \text{ g/mL}$$

$$V_2(\text{раствор}) = 250 \text{ mL} = 0,25 \text{ L}$$

$$V_1(\text{раствор}) = ?$$

$$c_2(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

$$c_2(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$$

$$n_1(\text{HClO}_4) = n_2(\text{HClO}_4),$$

$$\frac{m_1(\text{HClO}_4)}{M(\text{HClO}_4)} = c_2(\text{HClO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$\frac{w_1(\text{HClO}_4) \cdot m_1(\text{раствор})}{M(\text{HClO}_4)} = c_2(\text{HClO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$\frac{w_1(\text{HClO}_4) \cdot \rho_1(\text{раствор}) \cdot V_1(\text{раствор})}{M(\text{HClO}_4)} = c_2(\text{HClO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$V_1(\text{раствор}) = \frac{c_2(\text{HClO}_4) \cdot V_2(\text{раствор}) \cdot M(\text{HClO}_4)}{w_1(\text{HClO}_4) \cdot \rho_1(\text{раствор})} = \frac{0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,250 \text{ L} \cdot 100,46 \text{ g/mol}}{0,7 \cdot 1,664 \text{ g/mL}}$$

$$V_1(\text{раствор}) = 2,16 \text{ mL}$$

Водата која ќе биде присутна во приготвениот раствор, потекнува исклучуво од додадената 70 % перхлорна киселина. Според тоа, за да се определи концентрацијата на водата во добиениот раствор, може да се искористи веќе пресметаниот волумен од концентрирана перхлорна киселина и при тоа се тргна од фактот дека количеството на вода од земениот раствор е еднакво на количеството во крајниот.

$$w_1(\text{H}_2\text{O}) = 1 - w_1(\text{HClO}_4) = 1 - 0,70 = 0,30$$

$$V_1(\text{раствор}) = 2,16 \text{ mL}$$

$$c_2(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

$$n_1(\text{H}_2\text{O}) = n_2(\text{H}_2\text{O})$$

$$\frac{w_1(\text{H}_2\text{O}) \cdot m_1(\text{раствор})}{M(\text{H}_2\text{O})} = c_2(\text{H}_2\text{O}) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$\frac{w_1(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho_1(\text{раствор}) \cdot V_1(\text{раствор})}{M(\text{H}_2\text{O})} = c_2(\text{H}_2\text{O}) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$c_2(\text{H}_2\text{O}) = \frac{w_1(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho_1(\text{раствор}) \cdot V_1(\text{раствор})}{M(\text{H}_2\text{O}) \cdot V_2(\text{раствор})} = \frac{0,30 \cdot 1,664 \text{ g/mL} \cdot 2,16 \text{ mL}}{18,015 \text{ g/mol} \cdot 0,250 \text{ L}}$$

$$c_2(\text{H}_2\text{O}) = 0,2394 \text{ mol/L}$$

На сличен начин се постапува и за определување на концентрацијата на оцетна киселина во растворот. Во овој случај треба да се земе предвид дека почетниот раствор е всушност растворот на оцетна киселина.

$$V_2(\text{CH}_3\text{COOH}) = V_{\text{вк.}} - V_1(\text{раствор}) = 250 \text{ mL} - 2,16 \text{ mL} = 247,84 \text{ mL}$$

$$w_1(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2,16 \text{ mL}$$

$$c_2(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$$

$$n_1(\text{CH}_3\text{COOH}) = n_2(\text{CH}_3\text{COOH})$$

$$\frac{w_1(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot m_1(\text{раствор})}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} = c_2(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$\frac{w_1(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot \rho_1(\text{раствор}) \cdot V_1(\text{раствор})}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} = c_2(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$c_2(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{w_1(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot \rho_1(\text{раствор}) \cdot V_1(\text{раствор})}{M(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V_2(\text{раствор})} = \frac{1 \cdot 1,050 \text{ g/mL} \cdot 247,84 \text{ mL}}{60,052 \text{ g/mol} \cdot 0,250 \text{ L}}$$

$$c_2(\text{CH}_3\text{COOH}) = 17,33 \text{ mol/L}$$

Колкав волумен вода треба да се додаде кон 5 % воден раствор од цинк сулфат, за да се добие 500 mL раствор во кој количествената концентрација на растворената сол би изнесувала 0,1 mol/L? Да се смета дека густината на двата раствора е 1 g/mL.

Решение:

$$w_1(\text{ZnSO}_4) = 5 \% = 0,05$$

$$V_2(\text{раствор}) = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

$$c_2(\text{ZnSO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$\rho_1 = \rho_2 = 1 \text{ g/mL}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

$$n_1(\text{ZnSO}_4) = n_2(\text{ZnSO}_4),$$

$$\frac{m_1(\text{ZnSO}_4)}{M(\text{ZnSO}_4)} = c_2(\text{ZnSO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$\frac{w_1(\text{ZnSO}_4) \cdot m_1(\text{раствор})}{M(\text{ZnSO}_4)} = c_2(\text{ZnSO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$\frac{w_1(\text{ZnSO}_4) \cdot \rho_1(\text{раствор}) \cdot V_1(\text{раствор})}{M(\text{ZnSO}_4)} = c_2(\text{ZnSO}_4) \cdot V_2(\text{раствор})$$

$$V_1(\text{раствор}) = \frac{c_2(\text{ZnSO}_4) \cdot V_2(\text{раствор}) \cdot M(\text{ZnSO}_4)}{w_1(\text{ZnSO}_4) \cdot \rho_1(\text{раствор})} = \frac{0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,5 \text{ L} \cdot 161,47 \text{ g/mol}}{0,05 \cdot 1 \text{ g/mL}}$$

$$V_1(\text{раствор}) = 161,47 \text{ mL}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = V_2(\text{раствор}) - V_1(\text{раствор}) = 500 \text{ mL} - 161,47 \text{ mL}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 338,53 \text{ mL}$$

Колкави волумени од двата раствора на азотна киселина со количествени концентрации од 0,25 mol/L и 0,63 mol/L треба да се земат за да се подготви 1 L раствор во кој концентрацијата на азотна киселина ќе биде 0,50 mol/L?

Решение:

$$c_1(\text{HNO}_3) = 0,25 \text{ mol/L}$$

$$c_2(\text{HNO}_3) = 0,63 \text{ mol/L}$$

$$c_3(\text{HNO}_3) = 0,50 \text{ mol/L}$$

$$V_3(\text{раствор}) = 1 \text{ L}$$

$$V_1(\text{раствор}) = ?$$

$$V_2(\text{раствор}) = ?$$

При мешање на два раствора, вкупното количество од супстанцата во новодобиениот раствор ќе биде збир од количествата на супстанцата кои потекнуваат од првиот и вториот раствор:

$$n_1(\text{HNO}_3) + n_2(\text{HNO}_3) = n_3(\text{HNO}_3)$$

$$c_1(\text{HNO}_3) \cdot V_1(p-p) + c_2(\text{HNO}_3) \cdot V_2(p-p) = c_3(\text{HNO}_3) \cdot V_3(p-p)$$

Во ова равенство има две непознати и тоа волумените на првиот и вториот раствор, но тие не се независни. Збирот на волумените на првиот и вториот раствор е еднаков на волуменот на третиот раствор. Според тоа во последниот израз може да се замени:

$$V_1(p-p) = V_3(p-p) - V_2(p-p),$$

па ќе се добие:

$$c_1(\text{HNO}_3) \cdot [V_3(p-p) - V_2(p-p)] + c_2(\text{HNO}_3) \cdot V_2(p-p) = c_3(\text{HNO}_3) \cdot V_3(p-p)$$

$$c_1(\text{HNO}_3) \cdot V_3(p-p) - c_1(\text{HNO}_3) \cdot V_2(p-p) + c_2(\text{HNO}_3) \cdot V_2(p-p) = c_3(\text{HNO}_3) \cdot V_3(p-p)$$

$$V_2(p-p) \cdot [c_2(\text{HNO}_3) - c_1(\text{HNO}_3)] = V_3(p-p) \cdot [c_3(\text{HNO}_3) - c_1(\text{HNO}_3)]$$

$$V_2(p-p) = V_3(p-p) \cdot \frac{c_3(\text{HNO}_3) - c_1(\text{HNO}_3)}{c_2(\text{HNO}_3) - c_1(\text{HNO}_3)}$$

$$V_2(p-p) = 1 \text{ L} \cdot \frac{0,5 \text{ mol/L} - 0,25 \text{ mol/L}}{0,63 \text{ mol/L} - 0,25 \text{ mol/L}}$$

$$V_2(p-p) = 657,89 \text{ mL}$$

$$V_1(p-p) = V_3(p-p) - V_2(p-p) = 1000 \text{ mL} - 657,89 \text{ mL}$$

$$V_1(p-p) = 342,11 \text{ mL}$$

При кој однос на волумени, почетниот раствор со количествена концентрација на растворената супстанца од 1,25 mol/L и додадената вода ќе се образуваат раствори во кои концентрација на растворената супстанца секогаш ќе изнесува 1,00 mol/L?

Решение:

$$c_1 = 1,25 \text{ mol/L}$$

$$c_2 = 1,00 \text{ mol/L}$$

$$V_1 : V(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

$$n_1 = n_2$$

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$$

Волуменот  $V_2$  може да се запише како  $V_1 + V(\text{H}_2\text{O})$ , па според тоа, изразот ќе го добие обликот:

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot [V_1 + V(\text{H}_2\text{O})]$$

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_1 + c_2 \cdot V(\text{H}_2\text{O})$$

$$c_1 \cdot V_1 - c_2 \cdot V_1 = c_2 \cdot V(\text{H}_2\text{O})$$

$$V_1 \cdot [c_1 - c_2] = c_2 \cdot V(\text{H}_2\text{O})$$

$$\frac{V_1}{V(\text{H}_2\text{O})} = \frac{c_2}{c_1 - c_2}$$

$$\frac{V_1}{V(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1,00 \text{ mol/L}}{1,25 \text{ mol/L} - 1,00 \text{ mol/L}}$$

$$V_1 : V(\text{H}_2\text{O}) = 4 : 1$$

Сè додека односот на волуменот на почетниот раствор и волуменот вода се во однос 4 : 1, концентрацијата на добиениот раствор ќе биде 1,00 mol/L.

При спектрофотометриско определување на  $\text{Cu}^{2+}$  потребно е да се подготви серија од стандардни раствори во кои масената концентрација на бакарот ќе изнесува 1, 2, 5, 10 и 15 mg/mL. Колкав волумен од стандардниот раствор со концентрација на  $\text{CuSO}_4$  од 50 mg/mL треба да се земат за да се приготват по 50 mL од секој раствор на стандардната серија?

Решение:

$$\gamma_1(\text{Cu}^{2+}) = 50 \text{ mg/mL}$$

$$V_2(\text{p-p}) = 50 \text{ mL}$$

$$\gamma_{2,1} = 1 \text{ mg/mL}; \gamma_{2,2} = 2 \text{ mg/mL}; \gamma_{2,3} = 5 \text{ mg/mL}; \gamma_{2,4} = 10 \text{ mg/mL}; \gamma_{2,5} = 15 \text{ mg/mL}$$

$$V_{1,1}; V_{1,2}; V_{1,3}; V_{1,4}; V_{1,5} = ?$$

$$m_1 = m_2$$

$$\gamma_1 \cdot V_1 = \gamma_2 \cdot V_2$$

$$V_1 = \frac{\gamma_2 \cdot V_2}{\gamma_1}$$

$$V_{1,1} = \frac{\gamma_{2,1} \cdot V_2}{\gamma_1} = \frac{1 \text{ mg/mL} \cdot 50 \text{ mL}}{50 \text{ mg/mL}} = 1 \text{ mL}$$

$$V_{1,2} = \frac{\gamma_{2,2} \cdot V_2}{\gamma_1} = \frac{2 \text{ mg/mL} \cdot 50 \text{ mL}}{50 \text{ mg/mL}} = 2 \text{ mL}$$

$$V_{1,3} = \frac{\gamma_{2,3} \cdot V_2}{\gamma_1} = \frac{5 \text{ mg/mL} \cdot 50 \text{ mL}}{50 \text{ mg/mL}} = 5 \text{ mL}$$

$$V_{1,4} = \frac{\gamma_{2,4} \cdot V_2}{\gamma_1} = \frac{10 \text{ mg/mL} \cdot 50 \text{ mL}}{50 \text{ mg/mL}} = 10 \text{ mL}$$

$$V_{1,5} = \frac{\gamma_{2,5} \cdot V_2}{\gamma_1} = \frac{15 \text{ mg/mL} \cdot 50 \text{ mL}}{50 \text{ mg/mL}} = 15 \text{ mL}$$

Соодветно треба да се земат по 1, 2, 5, 10 и 15 mL од стандардниот раствор на  $\text{Cu}^{2+}$  со масена концентрација од 50 mg/mL за да се подготват растворите со бараните концентрации.

### Волуметриски титрации

Колкав волумен стандарден раствор од калиум хидроксид со концентрација на растворената супстанца од 0,1238 mol/L е потребно да се додаде во 20,00 mL раствор во кој концентрацијата на сулфурната киселина е 0,020 mol/L?

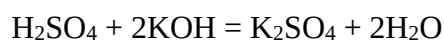
Решение:

$$c(\text{KOH}) = 0,1238 \text{ mol/L}$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20,00 \text{ mL}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,020 \text{ mol/L}$$

$$V(\text{KOH}) = ?$$



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{KOH}) = 1 : 2$$

$$n(\text{KOH}) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$c(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH}) = 2c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$V(\text{KOH}) = \frac{2 \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)}{c(\text{KOH})}$$

$$V(\text{KOH}) = \frac{2 \cdot 0,02 \text{ mol/L} \cdot 20 \text{ mL}}{0,1238 \text{ mol/L}}$$

$$V(\text{KOH}) = 6,46 \text{ mL}$$

Колкава маса цврст натриум хидроксид со масен удел од 98 % (остатокот е влага), треба да се додаде кон 1 L раствор во кој количествената концентрација на HCl изнесува 2 mol/L за да се постигне целосна неутрализација?

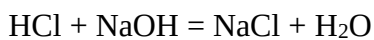
Решение:

$$w(\text{NaOH}) = 98 \% = 0,98$$

$$V(\text{HCl}) = 1 \text{ L}$$

$$c(\text{HCl}) = 2 \text{ mol/L}$$

$$m(\text{NaOH}) = ?$$



$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$$



$$c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})}$$

$$m(\text{NaOH}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot M(\text{NaOH})$$

$$m(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} \cdot 40 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = 80,00 \text{ g}$$

Пресметаната маса на NaOH се однесува на чист натриум хидроксид, поточно на 100 % цврста супстанца. Но, според условот на задачата, на располагање има 98 %. Според тоа:

$$w(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m}$$

$$m = \frac{m(\text{NaOH})}{w(\text{NaOH})} = \frac{80,00 \text{ g}}{0,98} = 81,63 \text{ g}$$

При определување на натриум хидроксид во некое средство за чистење, биле земени 10 mL од средството, ставени во одмерителна колба од 100 mL, а колбата била дополнета до марката со дестилирана вода. Потоа, за анализа, земени се 20 mL раствор од тиквичката. За титрацијата биле потрошени 30 mL раствор од сулфурна киселина со концентрација од 0,1 mol/L. Да се определи масата на натриум хидроксид во целото пакување од средството (1 L).

Решение:

$$V_{\text{БК.}} = 1 \text{ L}$$

$$V(\text{проба}) = 10 \text{ mL}$$

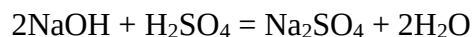
$$V = 100 \text{ mL}$$

$$V(\text{NaOH}) = 20 \text{ mL}$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 30 \text{ mL}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$m(\text{NaOH}) = ?$$



$$n(\text{NaOH}) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 : 1$$

$$n(\text{NaOH}) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = 2 \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$m(\text{NaOH}) = 2 \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{NaOH})$$

$$m(\text{NaOH}) = 2 \cdot 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,03 \text{ L} \cdot 40 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,24 \text{ g} \rightarrow \text{во } 20 \text{ mL}$$

$$m(\text{NaOH}) = 1,20 \text{ g} \rightarrow \text{во } 100 \text{ mL (10 mL проба)}$$

$$m(\text{NaOH}) = 120 \text{ g (во } 1 \text{ L проба)}$$

За титрација на 10 mL раствор од јодоводородна киселина, потрошени се 2,324 mL раствор од NaOH во кој концентрацијата на растворената супстанца е 0,01027 mol/L. Колкава е масената концентрација на HI во растворот?

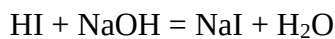
Решение:

$$V(\text{HI}) = 10 \text{ mL}$$

$$V(\text{NaOH}) = 2,324 \text{ mL}$$

$$c(\text{NaOH}) = 0,01027 \text{ mol/L}$$

$$\gamma(\text{HI}) = ?$$



$$n(\text{HI}) = n(\text{NaOH})$$

$$\frac{m(\text{HI})}{M(\text{HI})} = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$\frac{\gamma(\text{HI}) \cdot V(\text{HI})}{M(\text{HI})} = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$\gamma(\text{HI}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) \cdot M(\text{HI})}{V(\text{HI})}$$

$$\gamma(\text{HI}) = \frac{0,01027 \text{ mol/L} \cdot 2,324 \text{ mL} \cdot 127,91 \text{ g/mol}}{10,00 \text{ mL}}$$

$$\gamma(\text{HI}) = 0,3053 \text{ g/L}$$

Определувањето на содржината на азотна киселина со помош на киселинско-базни титрации е отежнато како резултат на тоа што таа разорно делува на индикаторот. Решение на овој проблем може да се најде ако наместо директна титрација се примени методата на ретитрација. За таа цел, кон 25,00 mL од растворот на азотна киселина се

додаваат 10,00 mL стандарден раствор од натриум хидроксид со концентрација на NaOH од 1,0025 mol/L. Вишокот база се титрира со HCl во присуство на фенолфталеин. При титрацијата се трошат 13,25 mL од стандардниот раствор со концентрација на HCl од 0,1721 mol/L. Колку изнесува концентрацијата на азотната киселина во почетниот раствор?

Решение:

$$V(\text{HNO}_3) = 25,00 \text{ mL}$$

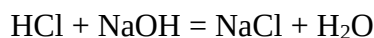
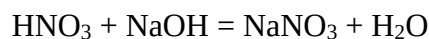
$$V(\text{NaOH}) = 10,00 \text{ mL}$$

$$c(\text{NaOH}) = 1,0025 \text{ mol/L}$$

$$V(\text{HCl}) = 13,25 \text{ mL}$$

$$c(\text{HCl}) = 0,1721 \text{ mol/L}$$

$$c(\text{HNO}_3) = ?$$



$$n(\text{NaOH})_{\text{HNO}_3} = n(\text{HNO}_3)$$

$$n(\text{NaOH})_{\text{HCl}} = n(\text{HCl})$$

$$n(\text{NaOH})_{\text{БК.}} = n(\text{NaOH})_{\text{HNO}_3} + n(\text{NaOH})_{\text{HCl}}$$

$$n(\text{NaOH})_{\text{БК.}} = n(\text{HNO}_3) + n(\text{HCl})$$

$$n(\text{HNO}_3) = n(\text{NaOH})_{\text{БК.}} - n(\text{HCl})$$

$$c(\text{HNO}_3) \cdot V(\text{HNO}_3) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) - c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$$

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{1}{V(\text{HNO}_3)} \cdot [c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) - c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})]$$

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{1}{2 \cdot 10^{-2} \text{ L}} \cdot [1,0025 \text{ mol/L} \cdot 10^{-2} \text{ L} - 0,1721 \text{ mol/L} \cdot 1,325 \cdot 10^{-2} \text{ L}]$$

$$c(\text{HNO}_3) = 0,3872 \text{ mol/L}$$

За анализа на хлориди во една проба, земени се 20 mL од испитуваниот раствор и разредени се до волумен од 100 mL со дестилирана вода. Потоа, 20 mL од вака разредениот раствор се титрираат со стандарден раствор од сребро нитрат со

концентрација на растворената сол од 0,02 mol/L. Колку изнесува масената концентрација на хлориди во почетната проба, ако за титрацијата биле потрошени 7,22 mL од стандардниот раствор на сребро нитрат?

Решение:

$$V(\text{проба}) = 20 \text{ mL}$$

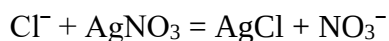
$$V = 100 \text{ mL}$$

$$V(\text{Cl}^-) = 20 \text{ mL}$$

$$c(\text{AgNO}_3) = 0,02 \text{ mol/L}$$

$$V(\text{AgNO}_3) = 7,22 \text{ mL}$$

$$\gamma(\text{Cl}^-)_o = ?$$



$$n(\text{Cl}^-) = n(\text{AgNO}_3)$$

$$\frac{m(\text{Cl}^-)}{M(\text{Cl})} = c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)$$

$$\frac{\gamma(\text{Cl}^-) \cdot V(\text{Cl}^-)}{M(\text{Cl})} = c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)$$

$$\gamma(\text{Cl}^-) = \frac{c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) \cdot M(\text{Cl})}{V(\text{Cl}^-)}$$

$$\gamma(\text{Cl}^-) = \frac{0,02 \text{ mol/L} \cdot 7,22 \text{ mL} \cdot 35,453 \text{ g/mol}}{20 \text{ mL}}$$

$$\gamma(\text{Cl}^-) = 0,2560 \text{ g/L}$$

Оваа концентрација е определена со титрација на 20 mL од разредениот раствор, чиј вкупен волумен изнесува 100 mL. Ако се земе предвид почетното разредување, ќе се добие:

$$\gamma(\text{Cl}^-)_o \cdot V(\text{проба}) = \gamma(\text{Cl}^-) \cdot V$$

$$\gamma(\text{Cl}^-)_o = \frac{\gamma(\text{Cl}^-) \cdot V}{V(\text{проба})} = \frac{0,2560 \text{ g/L} \cdot 100 \text{ mL}}{20 \text{ mL}}$$

$$\gamma(\text{Cl}^-)_o = 1,280 \text{ g/L}$$

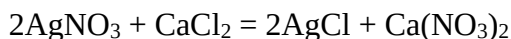
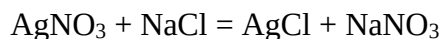
На проба со маса од 1,1859 g, која се состои од чист натриум хлорид и калциум хлорид, извршено е таложење со сребро нитрат, при што, добиена е маса на талогот од 3,4325 g. Да се пресметаат масените удели на натриум хлоридот и калциум хлоридот.

Решение:

$$m(\text{проба}) = 1,1859 \text{ g}$$

$$m(\text{AgCl})_{\text{БК.}} = 3,4325 \text{ g}$$

$$w(\text{NaCl}) = ?; w(\text{CaCl}_2) = ?$$



Врз основа на запишаните равенки се гледа дека односот на количествата на сребро нитрат и соодветните хлориди, ќе биде:

$$n(\text{AgCl})_{\text{NaCl}} = n(\text{NaCl})$$

$$n(\text{AgCl})_{\text{CaCl}_2} = 2 \cdot n(\text{CaCl}_2)$$

$$n(\text{AgCl})_{\text{БК.}} = n(\text{AgCl})_{\text{NaCl}} + n(\text{AgCl})_{\text{CaCl}_2}$$

$$n(\text{AgCl})_{\text{БК.}} = n(\text{NaCl}) + 2 \cdot n(\text{CaCl}_2)$$

$$\frac{m(\text{AgCl})_{\text{БК.}}}{M(\text{AgCl})} = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} + 2 \cdot \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2)}$$

Масата на натриум хлоридот може да се изрази преку масата на пробата. Пробата е составена само од NaCl и CaCl<sub>2</sub>, така што масата на натриум хлоридот ќе биде:

$$m(\text{NaCl}) = m(\text{проба}) - m(\text{CaCl}_2)$$

$$\frac{m(\text{AgCl})_{\text{БК.}}}{M(\text{AgCl})} = \frac{m(\text{проба}) - m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{NaCl})} + 2 \cdot \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2)}$$

$$\frac{m(\text{AgCl})_{\text{БК.}}}{M(\text{AgCl})} = \frac{m(\text{проба})}{M(\text{NaCl})} - \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{NaCl})} + 2 \cdot \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2)}$$

$$\frac{m(\text{AgCl})_{\text{БК.}}}{M(\text{AgCl})} = \frac{m(\text{проба})}{M(\text{NaCl})} + m(\text{CaCl}_2) \cdot \left[ \frac{2}{M(\text{CaCl}_2)} - \frac{1}{M(\text{NaCl})} \right]$$

$$\frac{m(\text{AgCl})_{\text{БК.}}}{M(\text{AgCl})} = \frac{m(\text{проба})}{M(\text{NaCl})} + m(\text{CaCl}_2) \cdot \frac{2 \cdot M(\text{NaCl}) - M(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2) \cdot M(\text{NaCl})}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{M(\text{CaCl}_2) \cdot M(\text{NaCl})}{2 \cdot M(\text{NaCl}) - M(\text{CaCl}_2)} \cdot \left[ \frac{m(\text{AgCl})_{\text{вк.}}}{M(\text{AgCl})} - \frac{m(\text{проба})}{M(\text{NaCl})} \right]$$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{110,98 \text{ g/mol} \cdot 58,44 \text{ g/mol}}{2 \cdot 58,44 \text{ g/mol} - 110,98 \text{ g/mol}} \cdot \left[ \frac{3,4892 \text{ g}}{143,32 \text{ g/mol}} - \frac{1,3950 \text{ g}}{58,44 \text{ g/mol}} \right]$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 0,5220 \text{ g}$$

$$m(\text{NaCl}) = m(\text{проба}) - m(\text{CaCl}_2) = 1,3950 \text{ g} - 0,5220 \text{ g}$$

$$m(\text{NaCl}) = 0,8730 \text{ g}$$

Врз основа на пресметаните маси, едноставно е да се најдат масените удели на двете компоненти во смесата.

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{проба})} \cdot 100 \% = \frac{0,8730 \text{ g}}{1,3950 \text{ g}} \cdot 100 \% = 62,58 \%$$

$$w(\text{CaCl}_2) = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{m(\text{проба})} \cdot 100 \% = \frac{0,5220 \text{ g}}{1,3950 \text{ g}} \cdot 100 \% = 37,42 \%$$

Проба која содржи алуминиум, магнезиум и инертен материјал со маса од 0,6113 g е растворена во смеса од киселини, а потоа магнезиумот и алуминиумот се исталожени со 8-хидроксихинолин ( $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}$ ). По филтрирањето и сушењето, масата на добиената смеса од  $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$  и  $\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2$ , изнесува 7,8154 g. Смесата од добиените талози се жари до смеса од соодветните оксиди на магнезиум и алуминиум. Масата на смесата од оксиди изнесува 1,0220 g. Пресметај ги масените удели на магнезиум и алуминиум во почетната проба.

Решение:

$$m(\text{проба}) = 0,6113 \text{ g}$$

$$m(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) + m(\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2) = 7,8154 \text{ g}$$

$$m(\text{MgO}) + m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 1,0220 \text{ g}$$

$$w(\text{Mg}) = ?; w(\text{Al}) = ?$$

Пристапот на решавање на оваа задача може да биде различен и може да се изведе на повеќе начини, но сите тие се базираат на решавање систем од две линеарни равенки со две непознати. Во почетниот дел од решавањето, треба да се најде врската меѓу различните конституенти на смесите. Останатиот дел е математички.

$$m(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) + m(\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2) = 7,8154 \text{ g}$$

$$n(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) \cdot M(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) + n(\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2) \cdot M(\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2) = 7,8154 \text{ g}$$

Во следниот чекор се поставува врската меѓу количествата на  $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$  и  $\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2$  со соодветните метали:

$$n(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) : n(\text{Al}) = 1 : 1$$

$$n(\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2) : n(\text{Mg}) = 1 : 1$$

$$n(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) = n(\text{Al})$$

$$n(\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2) = n(\text{Mg})$$

и, се заменуваат во изразот погоре:

$$n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3) + n(\text{Mg}) \cdot M(\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2) = 7,8154 \text{ g}$$

$$m(\text{Al}) \cdot \frac{M(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3)}{M(\text{Al})} + m(\text{Mg}) \cdot \frac{M(\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2)}{M(\text{Mg})} = 7,8154 \text{ g}$$

Оваа равенка е првата линеарна равенка која е сведена на двете непознати маси кои треба да се определат. Другата равенка се изведува од условот:  $m(\text{Al}_2\text{O}_3) + m(\text{MgO}) = 1,0220 \text{ g}$ . Според неа:

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) + n(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) = 1,0220 \text{ g}$$

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) : n(\text{Al}) = 2 : 1$$

$$n(\text{MgO}) : n(\text{Mg}) = 1 : 1$$

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2 \cdot n(\text{Al})$$

$$n(\text{MgO}) = n(\text{Mg})$$

$$2 \cdot n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) + n(\text{Mg}) \cdot M(\text{MgO}) = 1,0220 \text{ g}$$

$$2 \cdot m(\text{Al}) \cdot \frac{M(\text{Al}_2\text{O}_3)}{M(\text{Al})} + m(\text{Mg}) \cdot \frac{M(\text{MgO})}{M(\text{Mg})} = 1,0220 \text{ g}$$

Оваа е втората линеарна равенка која е сведена на двете непознати маси кои треба да се определат. Системот на двете линеарни равенки е:

$$\begin{cases} m(\text{Al}) \cdot \frac{M(\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3)}{M(\text{Al})} + m(\text{Mg}) \cdot \frac{M(\text{Mg}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_2)}{M(\text{Mg})} = 7,8154 \text{ g} \\ 2 \cdot m(\text{Al}) \cdot \frac{M(\text{Al}_2\text{O}_3)}{M(\text{Al})} + m(\text{Mg}) \cdot \frac{M(\text{MgO})}{M(\text{Mg})} = 1,0220 \text{ g} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m(\text{Al}) \cdot \frac{459,441 \text{ g/mol}}{26,982 \text{ g/mol}} + m(\text{Mg}) \cdot \frac{312,611 \text{ g/mol}}{24,305 \text{ g/mol}} = 7,8154 \text{ g} \\ 2 \cdot m(\text{Al}) \cdot \frac{101,961 \text{ g/mol}}{26,982 \text{ g/mol}} + m(\text{Mg}) \cdot \frac{40,304 \text{ g/mol}}{24,305 \text{ g/mol}} = 1,0220 \text{ g} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m(\text{Al}) \cdot 17,0277 + m(\text{Mg}) \cdot 12,8620 = 7,8154 \text{ g} \\ m(\text{Al}) \cdot 7,5577 + m(\text{Mg}) \cdot 1,6583 = 1,0220 \text{ g} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m(\text{Al}) = 0,6041 \text{ g} \\ m(\text{Mg}) = 0,0027 \text{ g} \end{cases}$$

$$w(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{m(\text{проб})} \cdot 100 \% = \frac{0,0027 \text{ g}}{0,6113 \text{ g}} \cdot 100 \% = 0,435 \%$$

$$w(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{m(\text{проб})} \cdot 100 \% = \frac{0,6041 \text{ g}}{0,6113 \text{ g}} \cdot 100 \% = 98,822 \%$$

Определувањето на калциум во физиолошки течности може да се направи со комплексометриски титрации. За една таква анализа, 0,100 mL серум се алкализира со додавање раствор од натриум хидроксид и се титрира со стандарден раствор од EDTA со концентрација од  $1,19 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ . За оваа титрација, потрошени се 0,268 mL од титрантот. Пресметај ја масената концентрација на калциум во серумот.

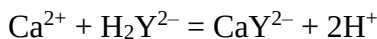
Решение:

$$V(\text{проба}) = 0,100 \text{ mL}$$

$$c(\text{EDTA}) = 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$V(\text{EDTA}) = 0,268 \text{ mL}$$

$$\gamma(\text{Ca}^{2+}) = ?$$



$$n(\text{EDTA}) = n(\text{Ca}^{2+})$$

$$c(\text{EDTA}) \cdot V(\text{EDTA}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca})}$$

$$c(\text{EDTA}) \cdot V(\text{EDTA}) = \frac{\gamma(\text{Ca}^{2+}) \cdot V(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca})}$$

$$\gamma(\text{Ca}^{2+}) = \frac{c(\text{EDTA}) \cdot V(\text{EDTA}) \cdot M(\text{Ca})}{V(\text{Ca}^{2+})}$$

$$\gamma(\text{Ca}^{2+}) = \frac{1,19 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot 0,268 \text{ mL} \cdot 40,078 \text{ g/mol}}{0,100 \text{ mL}}$$



$$\gamma(\text{Ca}^{2+}) = 127,82 \text{ g/L}$$

За определување никел од некоја проба, кон растворот кој содржи  $\text{Ni}^{2+}$  јони, додадени се 50,00 mL стандарден раствор од EDTA со концентрација од 0,0125 mol/L кон 25,00 mL од почетниот раствор на никел. За ретитрација на вишокот EDTA, потрошени се 9,50 mL стандарден раствор на магнезиум со концентрација на јоните од магнезиум 0,0105 mol/L. Да се определи количествената концентрација на никел во пробата.

Решение:

$$V(\text{EDTA}) = 50,00 \text{ mL}$$

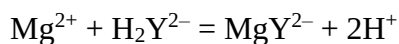
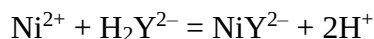
$$c(\text{EDTA}) = 0,0125 \text{ mol/L}$$

$$V(\text{Ni}^{2+}) = 25,00 \text{ mL}$$

$$V(\text{Mg}^{2+}) = 9,50 \text{ mL}$$

$$c(\text{Mg}^{2+}) = 0,0105 \text{ mol/L}$$

$$c(\text{Ni}^{2+}) = ?$$



$$n(\text{EDTA})_{\text{БК.}} = n(\text{EDTA})_{\text{Ni}^{2+}} + n(\text{EDTA})_{\text{Mg}^{2+}}$$

$$n(\text{EDTA})_{\text{БК.}} = n(\text{Ni}^{2+}) + n(\text{Mg}^{2+})$$

$$n(\text{Ni}^{2+}) = n(\text{EDTA})_{\text{БК.}} - n(\text{Mg}^{2+})$$

$$c(\text{Ni}^{2+}) \cdot V(\text{Ni}^{2+}) = c(\text{EDTA}) \cdot V(\text{EDTA}) - c(\text{Mg}^{2+}) \cdot V(\text{Mg}^{2+})$$

$$c(\text{Ni}^{2+}) = \frac{1}{V(\text{Ni}^{2+})} \cdot [c(\text{EDTA}) \cdot V(\text{EDTA}) - c(\text{Mg}^{2+}) \cdot V(\text{Mg}^{2+})]$$

$$c(\text{Ni}^{2+}) = \frac{1}{0,025 \text{ L}} \cdot [0,0125 \text{ mol/L} \cdot 0,050 \text{ L} - 0,0105 \text{ mol/L} \cdot 0,0095 \text{ L}]$$

$$c(\text{Ni}^{2+}) = 0,0210 \text{ mol/L}$$

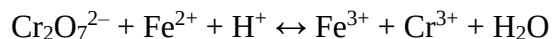
Исушена лушпа од јајце има маса од 5,8130 g. Лушпата е растворена во 25 mL HCl со концентрација од 6 mol/L и квантитативно е пренесена во волуметриска колба од 250 mL, а

колбата е дополнета со дејонизирана вода до марката. Потоа, земени се 10,00 mL од растворот и се титрирани со EDTA. За достигнување на завршната точка биле потрошени 44,11 mL стандарден раствор од EDTA со концентрација од 0,04988 mol/L. Колку изнесува масениот удел на калциум карбонат во лушпата од јајцето?

Решение:

$$w(\text{CaCO}_3) = 94,71 \%$$

Проба од железна руда со маса од 2,5551 g е растворена во азотна киселина до волумен од 100 mL. На 20 mL од растворот извршена е редукција на тривалентното железо до двовалентно и потоа пристапено е кон титрирање со калиум дихромат. На овој начин, железото целосно реагира според што реакцијата може да се запише со равенката:



Во текот на титрацијата потрошени се 14,31 mL стандарден раствор од калиум дихромат во кој концентрацијата на растворената сол е 0,1008 mol/L. Да се определи масениот удел на железото во пробата.

Решение:

$$m(\text{проба}) = 2,5551 \text{ g}$$

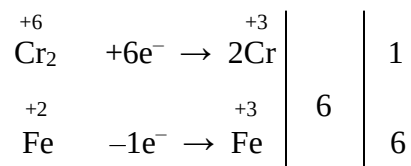
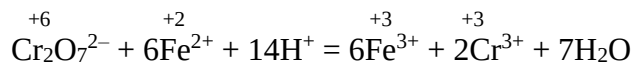
$$V(\text{проба}) = 100 \text{ mL}$$

$$V = 20,00 \text{ mL}$$

$$V(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 14,31 \text{ mL}$$

$$c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 0,1008 \text{ mol/L}$$

$$w(\text{Fe}) = ?$$



$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) : n(\text{Fe}^{2+}) = 1 : 6$$

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 6 \cdot n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$$

$$n(\text{Fe}) = 6 \cdot n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$$

$$m(\text{Fe}) = 6 \cdot c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) \cdot V(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) \cdot M(\text{Fe})$$

$$m(\text{Fe}) = 6 \cdot 0,1008 \text{ mol/L} \cdot 14,31 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot 55,845 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Fe}) = 0,4833 \text{ g} \rightarrow \text{во } 20 \text{ mL проба}$$

$$m(\text{Fe}) = 2,4166 \text{ g} \rightarrow \text{во } 100 \text{ mL проба}$$

$$w(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{m(\text{проба})} \cdot 100 \% = \frac{2,4166 \text{ g}}{2,5551 \text{ g}} \cdot 100 \% = 94,58 \%$$

Проба од  $\text{Fe}^{2+}$  е титрирана со стандарден раствор од калиум перманганат во кисела средина. За титрацијата, биле потрошени 11,25 mL од стандардниот раствор, во кој концентрација на перманганатот изнесувала 0,02112 mol/L. Колку изнесува масата на железо во титрираната проба, ако за анализа биле земени 20,00 mL од растворот? Запиши ја равенката на реакцијата и изедначи ја со електронска шема.

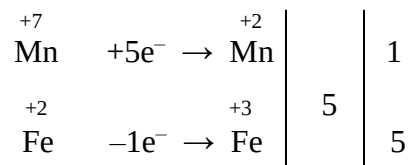
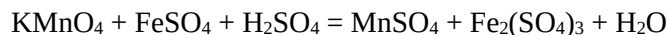
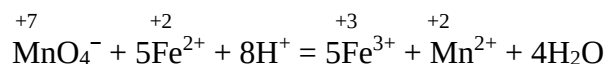
Решение:

$$V(\text{KMnO}_4) = 11,25 \text{ mL}$$

$$c(\text{KMnO}_4) = 0,02112 \text{ mol/L}$$

$$V(\text{проба}) = 20,00 \text{ mL}$$

$$m(\text{Fe}) = ?$$



$$n(\text{MnO}_4^-) : n(\text{Fe}^{2+}) = 1 : 5$$

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 5 \cdot n(\text{MnO}_4^-)$$

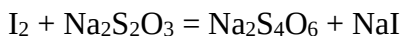
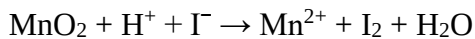
$$n(\text{Fe}) = 5 \cdot n(\text{MnO}_4^-)$$

$$m(\text{Fe}) = 5 \cdot c(\text{MnO}_4^-) \cdot V(\text{MnO}_4^-) \cdot M(\text{Fe})$$

$$m(\text{Fe}) = 5 \cdot 0,02112 \text{ mol/L} \cdot 11,25 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot 55,845 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Fe}) = 0,0663 \text{ g}$$

За определување на содржината на  $\text{MnO}_2$  во некој минаерал, 0,1344 g проба е растворена, растворот е обработен со KI во кисела средина и ослободениот јод е титриран со натриум тиосулфат. За титрацијата биле потрошени 32,30 mL раствор од натриум тиосулфат со концентрација од 0,0722 mol/L. Колкав е масениот удел на  $\text{MnO}_2$  во минералот?



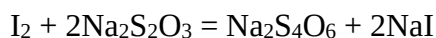
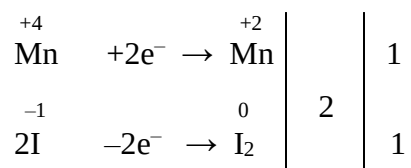
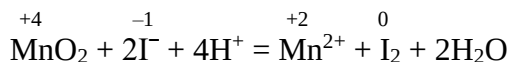
Решение:

$$m(\text{проба}) = 0,1344 \text{ g}$$

$$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 32,30 \text{ mL}$$

$$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,0722 \text{ mol/L}$$

$$w(\text{Mn}) = ?$$



$$n(\text{MnO}_2) : n(\text{I}_2) = 1 : 1$$

$$n(\text{MnO}_2) = n(\text{I}_2)$$

$$n(\text{I}_2) : n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1 : 2$$

$$n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

$$n(\text{MnO}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

$$n(\text{Mn}) = \frac{1}{2} n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

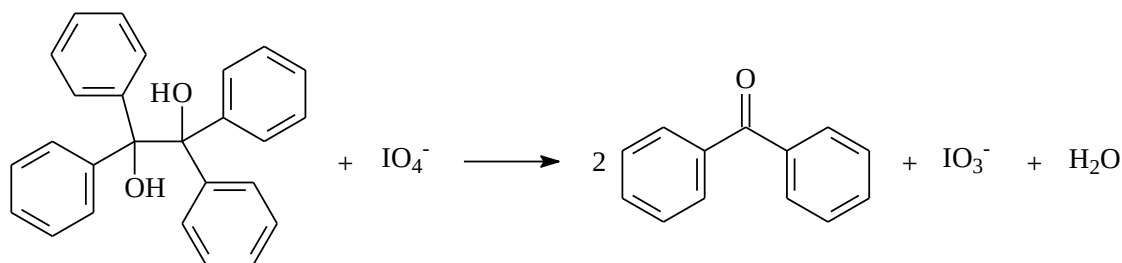
$$m(\text{Mn}) = \frac{1}{2} c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Mn})$$

$$m(\text{Mn}) = \frac{1}{2} \cdot 0,0722 \text{ mol/L} \cdot 32,30 \cdot 10^{-3} \text{ L} \cdot 54,938 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Mn}) = 0,1281 \text{ g}$$

$$w(\text{Mn}) = \frac{m(\text{Mn})}{m(\text{проба})} \cdot 100 \% = \frac{0,1281 \text{ g}}{0,1344 \text{ g}} \cdot 100 \% = 95,32 \%$$

Вициналните диоли (органиски соединенија со две хидроксилни групи на два соседни јаглеродни атоми) подлежат на оксидативно раскинување на C–C врската помеѓу хидроксидните групи при третирање со перјодат  $\text{IO}_4^-$ , при што се добиваат соодветните карбонилни соединенија, а перјодатот се редуцира до јодат  $\text{IO}_3^-$ . Еден таков пример е оксидацијата на бензопинаколот:



Реакцијата опишана со дадената равенка е искористена за волуметриско определување на концентрацијата на бензопинакол во непознат примерок. Од 1 L проба, испипетирани се 50,00 mL раствор во ерленмаер. Потоа, додадени се 25,00 mL раствор од натриум перјодат со концентрација  $0,48751 \text{ mol/dm}^3$ . Откако целиот бензопинакол ќе се оксидира, на реакционата смеса се додава вишок од калиум јодид при што се издвојува елементарен јод. За титрација на издвоениот јод биле потрошени 16,09 mL натриум тиосулфат со концентрација  $0,23951 \text{ mol/dm}^3$ . Колку изнесува масената концентрација на бензопинакол во почетниот примерок, ако неговата моларна маса е  $366,4 \text{ g/mol}$ ?

Решение:

$$V(\text{проба}) = 1 \text{ L}$$

$$V = 50,00 \text{ mL}$$

$$V(\text{NaIO}_4) = 25,00 \text{ mL}$$

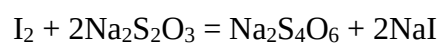
$$c(\text{NaIO}_4) = 0,48751 \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 16,09 \text{ mL}$$

$$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,23951 \text{ mol/dm}^3$$

$$M = 366,4 \text{ g/mol}$$

$$\gamma = ?$$



## Оптички методи

За определување на содржината на една компонента со помош на спектрофотометар, подготвена е пробата така што 10 mL од анализираниот раствор ставени се во волуметриска колба од 50 mL, додаден е пуфер и средство за комплексирање, па колбата е дополнета до марката со дестилирана вода. Апсорбанцата на слепата проба изнесувала 0,005, додека на подготвениот раствор за анализа, апсорбанцата била 0,244 единици. Колкава маса од анализот се содржи во 1,00 L од растворот, ако се знае дека неговата моларна маса изнесува 115,72 g/mol, а моларниот апсорпционен коефициент на образуваниот комплекс е  $2,18 \cdot 10^5 \text{ dm}^2/\text{mol}$ ? Анализата била правена во кивета со растојание на сидовите од 1 cm.

Решение:

$$V_0 = 10 \text{ mL}$$

$$V = 50 \text{ mL}$$

$$A_{\text{реф.}} = 0,005$$

$$A = 0,244$$

$$V_{\text{вк.}} = 1,00 \text{ L}$$

$$M = 115,72 \text{ g/mol}$$

$$\varepsilon = 2,18 \cdot 10^5 \text{ dm}^2/\text{mol}$$

$$l = 1 \text{ cm} = 0,1 \text{ dm}$$

$$m = ?$$

$$A = c \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$A - A_{\text{реф.}} = c \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$c = \frac{A - A_{\text{реф.}}}{l \cdot \varepsilon} = \frac{0,244 - 0,005}{0,1 \text{ dm} \cdot 2,18 \cdot 10^5 \text{ dm}^2/\text{mol}}$$

$$c = 1,10 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

Сега може да се определи масата на компонентата што се содржи во колбата од 50 mL:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$m = c \cdot V \cdot M = 1,10 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,05 \text{ dm}^3 \cdot 115,72 \text{ g/mol}$$

$$m = 6,3646 \cdot 10^{-5} \text{ g}$$

Ова е масата на компонентата во растворот од 50 mL, но иста е и масата во растворот од 10 mL. Имено, растворот од 50 mL е добиен со разредување на 10-те mL од почетниот раствор. При разредување, количеството и масата на супстанцата не се менува. Според тоа:

$$m = 6,3646 \cdot 10^{-5} \text{ g} \rightarrow 10 \text{ mL раствор}$$

$$m = 6,3646 \cdot 10^{-3} \text{ g} \rightarrow 1000 \text{ mL раствор}$$

$$m = 6,36 \text{ mg}$$

Измерената апсорбанца на некој раствор изнесува 50 %. Оваа вредност се однесува на апсорбанцата за примерокот кога е земена предвив апсорпцијата на слепата проба. Колку изнесува трансмитанцата на овој раствор?

Решение:

$$A = 50 \% = 0,5$$

$$T = ?$$

По дефиниција, трансмитанцата е негативен декаден логаритам од апсорбанцата:

$$A = -\log T$$

$$T = 10^{-A}$$

$$T = 10^{-0,5}$$

$$T = 0,316 = 31,6 \%$$

Определувањето на железото во вода за пиење се врши спектрофотометриски. За да се добие обоен комплекс на железото кој е погоден за анализа со UV-VIS спектрофотометар, се користи 1,10-фенантролин. По соодветна подготовка, растворот се спектрофотометрира на бранова должина од 508 nm. При мерењето на апсорбанцата на слепата проба, добиена е вредност од 0,008 единици. Апсорбанцата измерена на стандардниот раствор од  $\text{Fe}^{2+}$  со концентрација на железните јони од  $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$  е 0,558 единици. Примерокот од вода за пиење земен од чешма покажува апсорпција од 0,059. Доколку се земе проба од топла вода од истата чешма и се анализира на содржината на железо на истиот начин, се добива апсорбанца која изнесува 0,077. Колкава е масената концентрација на железото во ладната и топлата вода? Колку изнесува вредноста на моларниот апсорпционен коефициент на комплексот кој го гради железото со 1,10-фенантролин? Да се смета дека експериментите се изведувани во кивета со дебелина на слојот од растворот од 1 cm.



Решение:

$$A_{\text{реф.}} = 0,008$$

$$c_o(\text{Fe}^{2+}) = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$A_o = 0,558$$

$$A_{\text{л.}} = 0,059$$

$$A_{\text{т.}} = 0,077$$

$$l = 1 \text{ cm}$$

$$\gamma_{\text{л.}}(\text{Fe}) = ?; \gamma_{\text{т.}}(\text{Fe}) = ?$$

За да се определи моларниот апсорпционен коефициент на комплексот, потребно е да се искористат вредностите за апсорбанцата на стандардниот раствор и неговата концентрација:

$$A = c \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$A_o - A_{\text{реф.}} = c_o(\text{Fe}^{2+}) \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{A_o - A_{\text{реф.}}}{c_o(\text{Fe}^{2+}) \cdot l} = \frac{0,558 - 0,008}{5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,1 \text{ dm}}$$

$$\varepsilon = 1,1 \cdot 10^5 \text{ dm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

Познавајќи ја вредноста за  $\varepsilon$ , може да се пристапи кон определување на количествената концентрација на железото во ладната и топлата вода:

$$A = c \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$A_{\text{л.}} - A_{\text{реф.}} = c(\text{Fe}^{2+})_{\text{л.}} \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$c(\text{Fe}^{2+})_{\text{л.}} = \frac{A_{\text{л.}} - A_{\text{реф.}}}{l \cdot \varepsilon} = \frac{0,059 - 0,008}{0,1 \text{ dm} \cdot 1,1 \cdot 10^5 \text{ dm}^2 \text{ mol}^{-1}} = 4,64 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

$$A_{\text{т.}} - A_{\text{реф.}} = c(\text{Fe}^{2+})_{\text{т.}} \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$c(\text{Fe}^{2+})_{\text{т.}} = \frac{A_{\text{т.}} - A_{\text{реф.}}}{l \cdot \varepsilon} = \frac{0,077 - 0,008}{0,1 \text{ dm} \cdot 1,1 \cdot 10^5 \text{ dm}^2 \text{ mol}^{-1}} = 6,27 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

$$\gamma(\text{Fe}^{2+})_{\text{л.}} = c(\text{Fe}^{2+})_{\text{л.}} \cdot M(\text{Fe}) = 4,64 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 \cdot 55,845 \text{ g/mol} = 2,59 \cdot 10^{-4} \text{ g/dm}^3$$

$$\gamma(\text{Fe}^{2+})_{\text{т.}} = c(\text{Fe}^{2+})_{\text{т.}} \cdot M(\text{Fe}) = 6,27 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 \cdot 55,845 \text{ g/mol} = 3,50 \cdot 10^{-4} \text{ g/dm}^3$$

Содржината на железо во водата за пиење, освен со помош на 1,10-фенантролин, може да се определи и со сулфосалицилна киселина. Така, кон 20,00 mL проба земена за анализа, додадени се сулфосалицилна киселина и дестилирана вода. Растворот е подготвен во волуметриска колба од 100 mL. Апсорбанцата на овој раствор на бранова должина од 505 nm, била 0,078 единици. Да се определи масената концентрација на железо во водата за пиење ако анализата била направена во кивета со растојание на сидовите од 2 cm. Моларниот апсорпционен коефициент на комплексот од железо со сулфосалицилна киселина при 505 nm е  $1,81 \cdot 10^4 \text{ dm}^2/\text{mol}$ . Колкава е вредноста за трансмитанцата на почетниот раствор пред разредувањето?

Решение:

$$V_o = 20,00 \text{ mL}$$

$$V = 100 \text{ mL}$$

$$A = 0,078$$

$$l = 2 \text{ cm} = 0,2 \text{ dm}$$

$$\varepsilon = 1,81 \cdot 10^4 \text{ dm}^2/\text{mol}$$

$$M = 55,845 \text{ g/mol}$$

$$\gamma_o = ?$$

$$T_o = ?$$

$$A = c \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$c = \frac{A}{l \cdot \varepsilon} = \frac{0,078}{0,2 \text{ dm} \cdot 1,81 \cdot 10^4 \text{ dm}^2/\text{mol}}$$

$$c = 2,15 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

Ова е вредноста за концентрацијата во растворот подготвен за анализа (100 mL). Ако се земе предвид разредувањето, за да се определи концентрацијата во почетниот раствор, се добива:

$$c_o \cdot V_o = c \cdot V$$

$$c_o = \frac{c \cdot V}{V_o} = \frac{2,15 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot 100 \text{ mL}}{20 \text{ mL}}$$

$$c_o = 1,075 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$\gamma_o = c_o \cdot M = 1,075 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \cdot 55,845 \text{ g/mol}$$

$$\gamma_o = 6,003 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$$

Апсорбанцата на почетниот раствор може да се определи преку масената концентрација  $\gamma_o$ :

$$A_o = c_o \cdot l \cdot \varepsilon, \quad c_o = \frac{\gamma_o}{M}$$

$$A_o = \frac{\gamma_o}{M} \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$A_o = \frac{6,003 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3}{55,845 \text{ g/mol}} \cdot 0,2 \text{ dm} \cdot 1,81 \cdot 10^4 \text{ dm}^2/\text{mol}$$

$$A_o = 0,389$$

За да се добие трансмитанцата на почетниот раствор:

$$A_o = -\log T_o$$

$$T_o = 10^{-A_o} = 10^{-0,389}$$

$$T_o = 0,408$$

Стандарден раствор од  $\text{Mn}^{2+}$  со масена концентрација од  $60,0 \text{ mg/dm}^3$  е искористен за спектрофотометриско определување на манган во проба од челик.  $10,00 \text{ mL}$  од стандардниот раствор се внесени во волуметриска колба и растворот е разреден до  $50 \text{ mL}$ . Апсорбанцата на овој раствор изнесува  $0,343$  единици во кивета од  $1 \text{ cm}$ . За анализа на содржината на манган, биле извагани  $0,8348 \text{ g}$  проба од некоја легура и целата проба е растворена во киселина. Растворот е собран во волуметриска колба од  $250 \text{ mL}$ . Од овој раствор, земени се  $50 \text{ mL}$  и дополнително се разредени до волумен од  $100 \text{ mL}$ . На последниот раствор измерена е апсорбанцата во истата кивета и таа изнесувала  $0,522$ . Колкав е масениот удел на манган во легурата?

Решение:

За стандардот

$$\gamma_o(\text{Mn}^{2+}) = 60,0 \text{ mg/dm}^3$$

$$V_o(\text{Mn}^{2+}) = 10 \text{ mL}$$

$$V(\text{Mn}^{2+}) = 50 \text{ mL}$$

$$A = 0,343$$

$$l = 1 \text{ cm}$$

За пробата:

$$m(\text{проба}) = 0,8348 \text{ g}$$

$$V_o(\text{p-p}) = 250 \text{ mL}$$

$$V(\text{p-p}) = 50 \text{ mL}$$

$$V_1(\text{p-p}) = 100 \text{ mL}$$

$$A_1(\text{p-p}) = 0,522$$

$$M(\text{Mn}) = 54,938 \text{ g/mol}$$

$$w(\text{Mn}) = ?$$

Најнапред, потребно е да се определи моларниот апсорпционен коефициент врз основа на анализата направена на стандардниот раствор, но треба да се земе предвид и разрежувањето:

$$\gamma_o \cdot V_o = \gamma \cdot V$$

$$\gamma = \frac{\gamma_o \cdot V_o}{V} = \frac{60,0 \text{ mg/dm}^3 \cdot 10 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} = 12,0 \text{ mg/dm}^3$$

$$A = c \cdot l \cdot \varepsilon, \quad c = \frac{\gamma}{M}$$

$$A = \frac{\gamma}{M} \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{A \cdot M}{\gamma \cdot l} = \frac{0,343 \cdot 54,938 \text{ g/mol}}{12,0 \cdot 10^3 \text{ g/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}}$$

$$\varepsilon = 1,570 \cdot 10^4 \text{ dm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

За обработка на пробата:

$$A_1 = c_1 \cdot l \cdot \varepsilon$$

$$c_1 = \frac{A_1}{l \cdot \varepsilon} = \frac{0,522}{0,1 \text{ dm} \cdot 1,570 \cdot 10^4 \text{ dm}^2/\text{mol}}$$

$$c_1 = 3,32 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$m = c_1 \cdot V_1(\text{p-p}) \cdot M(\text{Mn}) = 3,32 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}^3 \cdot 54,938 \text{ g/mol}$$

$$m = 1,823 \cdot 10^{-3} \text{ g} \rightarrow \text{во } 100 \text{ mL (одговара на } 50 \text{ mL)}$$

$$m = 9,133 \cdot 10^{-3} \text{ g} \rightarrow \text{целата проба (250 mL)}$$

За да се определи масениот удел:

$$w(\text{Mn}) = \frac{m}{m(\text{проба})} \cdot 100 \% = \frac{9,133 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{0,8348 \text{ g}} \cdot 100 \%$$

$$w(\text{Mn}) = 1,09 \%$$

## Стандарден додаток

Методата на стандарден додаток се користи во услови кога влијанието на матрицата е големо и како резултат на тоа не може да се прави споредба на резултатите од испитуваниот примерок со стандарден раствор користејќи ја методата на калибрациона крива. Како резултат на тоа, еден од начините да се избегне проблемот со влијанието на матрицата е преку додавање точно определен стандарден раствор од испитуваната компонента. Анализата може да се спроведе на два начина. Едниот е само со додавање на определен волумен од стандардот, а другиот начин е со дополнително разредување. Без разлика кој начин на работа е избран, принципот на пресметките останува ист.

Аналитичкиот сигнал (сигналот од инструментот) кој се добива е пропорционален со содржината на испитуваната компонента. Аналитичкиот сигнал може да биде апсорбанца, трансмитанца, јачина на струја, потенцијал, површина под пик од сигналот итн., додека содржината на компонентата може да се изрази како концентрација, удел, маса, количество итн. За поедноставно следење на изведувањето на општите равенки, како сигнал ќе биде разгледувана апсорбанцата, а како содржина на аналитот, количествената концентрација. Според тоа:

$$A_x : A_{x+s} = c_x : c_{x+s}$$

Ова може едноставно да се изведе ако се земе предвид Ламбер-Беровиот закон ( $A = \varepsilon \cdot l \cdot c$ ):

$$\frac{A_x}{A_{x+s}} = \frac{\varepsilon \cdot l \cdot c_x}{\varepsilon \cdot l \cdot c_{x+s}}, \quad \frac{A_x}{A_{x+s}} = \frac{c_x}{c_{x+s}}, \quad A_x : A_{x+s} = c_x : c_{x+s}$$

Сигналот  $A_x$  се однесува на растворот во кој концентрацијата на компонентата изнесува  $c_x$ , додека апсорбанцата  $A_{x+s}$  се однесува на растворот во кој на почетниот раствор е внесен стандардниот додаток со точно познат волумен и концентрација. Мешањето на растворот доведува со промена на концентрацијата и на стандардот и на аналитот во конечниот раствор, така што тоа треба да се земе предвид.

Пред мешање:  $A_x \rightarrow c_x$

По мешање:  $A_{x+s} \rightarrow c_{x,2} + c_{s,2}$

Концентрациите на компонентите по мешањето може едноставно да се дефинираат земајќи го предвид настанатото разредување и добро познатото равенство  $c_1 V_1 = c_2 V_2$ :

$$c_x V_x = c_{x,2} V_2 \text{ и } c_s V_s = c_{s,2} V_2$$

Имајќи ги предвид сите досега прикажани равенства, може да се изведе

равенство за пресметување на концентрацијата од испитуваната компонента во почетниот раствор. Од односот на апсорбанците

$$\frac{A_x}{A_{x+s}} = \frac{c_x}{c_{x+s}}$$

со замена за  $c_{x+s}$ , се добива:

$$\frac{A_x}{A_{x+s}} = \frac{c_x}{c_{x,2} + c_{s,2}}$$

Земајќи ги предвид разредувањата:

$$\frac{A_x}{A_{x+s}} = \frac{c_x}{\frac{c_x \cdot V_x}{V_2} + \frac{c_s \cdot V_s}{V_2}}$$

$$\frac{A_x}{A_{x+s}} = \frac{c_x \cdot V_2}{c_x \cdot V_x + c_s \cdot V_s}$$

Со математичко преуредување на равенството, може да се изрази  $c_x$ :

$$A_x \cdot c_x \cdot V_x + A_x \cdot c_s \cdot V_s = A_{x+s} \cdot c_x \cdot V_2$$

$$A_x \cdot c_x \cdot V_x - A_{x+s} \cdot c_x \cdot V_2 = -A_x \cdot c_s \cdot V_s$$

$$c_x (A_x \cdot V_x - A_{x+s} \cdot V_2) = -A_x \cdot c_s \cdot V_s$$

$$c_x = \frac{A_x \cdot c_s \cdot V_s}{A_{x+s} \cdot V_2 - A_x \cdot V_x}$$

Ако не е направено дополнително разредување со вода, волуменот  $V_2$  е збир од волумените на двата раствора кои се измешани:  $V_2 = V_x + V_s$ .

1. За определување на траги од нитрите присутни во прехранбените производи се користи оптичка техника со метода на стандарден додаток. 50 cm<sup>3</sup> проба добиена по претходна обработка и комплексирање на нитритниот јон со дапсон и  $\alpha$ -нафтол, покажува апсорбанца од 0,532 единици. Кон овој раствор додадени се 10  $\mu$ L стандарден раствор од натриум нитрит во кој концентрацијата на солта изнесува  $6,4 \cdot 10^{-3}$  mol/L. Овој раствор покажува апсорпција од 0,866 единици. Да се пресмета колку изнесува масената концентрација на нитрити во почетниот раствор, како и моларниот апсорпционен коефициент, ако се знае дека мерењата се вршени во кивета со должина од 5 cm.

$$V_x = 50 \text{ cm}^3 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3$$

$$A_x = 0,532$$

$$V_s = 10 \mu\text{L} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ dm}^3 = 10^{-5} \text{ dm}^3$$

$$c_s = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$A_{x+s} = 0,866$$

$$l = 5 \text{ cm}$$

$$\gamma_x = ?$$

$$\varepsilon = ?$$

Решение:

Задачата може да се реши така што ќе се искористи претходно изведеното равенство за  $c_x$ , па оттаму да се најде масената концентрација, но може да се пристапи и така што ќе се постави врската меѓу апсорбанцата и масената концентрација. Со примена на веќе изведеното равенство, се добива:

$$c_x = \frac{A_x \cdot c_s \cdot V_s}{A_{x+s} \cdot (V_x + V_s) - A_x \cdot V_x}$$

$$c_x = \frac{0,532 \cdot 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot 10^{-5} \text{ L}}{0,866 \cdot (5 \cdot 10^{-2} \text{ L} + 10^{-5} \text{ L}) - 0,532 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ L}}$$

$$c_x = 2,04 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$$

Вака пресметаната вредност може да се искористи за пресметување на моларниот апсорпционен коефициент, но истото може да се направи и преку масената концентрација.

Моларниот апсорпционен коефициент може да се пресмета преку Ламбер-Беровиот закон:

$$A_x = \varepsilon \cdot l \cdot c_x$$

$$\varepsilon = \frac{A_x}{l \cdot c_x} = \frac{0,532}{0,5 \text{ dm} \cdot 2,04 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3}$$

$$\varepsilon = 5,22 \cdot 10^5 \text{ mol/dm}^2$$

Масената концентрација на нитритните јони се определува едноставно:

$$\gamma_x = \frac{m_x}{V_x} = \frac{n_x \cdot M(\text{NO}_2)}{V_x} = c_x \cdot M(\text{NO}_2)$$

$$\gamma_x = 2,04 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 \cdot 46 \text{ g/mol} = 9,38 \cdot 10^{-5} \text{ g/dm}^3$$

2. Примерок од крв со маса од 410 mg е обработен и разреден со вода до волумен од 20 cm<sup>3</sup>. Овој раствор е анализиран за да се определи присуството на олово и било најдено дека апсорбанцата изнесувала 0,145 единици. Кон нови 20 cm<sup>3</sup> припремена проба за анализа, додаден е 1 cm<sup>3</sup> стандарден раствор од олово во кој масената концентрација на олово била 0,40 ppm. Апсорбанцата на овој раствор изнесувала 0,170 единици. Колку изнесува масената концентрација и масениот удел на олово во крвта?

$$m_o = 410 \text{ mg}$$

$$V_x = 20 \text{ cm}^3$$

$$A_x = 0,145$$

$$V_x = 20 \text{ cm}^3$$

$$V_s = 1 \text{ cm}^3$$

$$\gamma_s = 0,40 \text{ ppm} = 0,40 \mu\text{g}/\text{dm}^3$$

$$A_{x+s} = 0,170$$

$$\gamma_x = ?; w_x = ?$$

Решение:

И оваа задача може да се реши така што ќе се искористи равенството за  $c_x$ , па оттаму да се најде масената концентрација, но може да се пристапи и така што ќе се постави врската меѓу апсорбанцата и масената концентрација.

$$A_x : A_{x+s} = \gamma_x : \gamma_{x+s}$$

$$A_x : A_{x+s} = \gamma_x : (\gamma_{x,2} + \gamma_{s,2})$$

$$\frac{A_x}{A_{x+s}} = \frac{\gamma_x}{\gamma_{x,2} + \gamma_{s,2}}$$

Земајќи ги предвид разредувањата, за масените концентрации важат равенствата:

$$\gamma_x \cdot V_x = \gamma_{x,2} \cdot V_2 \text{ и } \gamma_s \cdot V_s = \gamma_{s,2} \cdot V_2,$$

Кои заменети во претходниот израз, ќе го дадат равенството:

$$\frac{A_x}{A_{x+s}} = \frac{\gamma_x}{\frac{\gamma_x \cdot V_x}{V_2} + \frac{\gamma_s \cdot V_s}{V_2}}$$



$$\frac{A_x}{A_{x+s}} = \frac{\gamma_x \cdot V_2}{\gamma_x \cdot V_x + \gamma_s \cdot V_s}$$

Ако се изрази  $\gamma_x$ , се добива израз кој е аналоген на оној за пресметување на  $c_x$  изведен во општиот дел:

$$\gamma_x = \frac{A_x \cdot \gamma_s \cdot V_s}{A_{x+s} \cdot V_2 - A_x \cdot V_x}, \text{ односно ако се замени за } V_2 = V_x + V_s:$$

$$\gamma_x = \frac{A_x \cdot \gamma_s \cdot V_s}{A_{x+s} \cdot (V_x + V_s) - A_x \cdot V_x}$$

Со внесување на бројните вредности, се добива:

$$\gamma_x = \frac{0,145 \cdot 0,40 \mu\text{g/dm}^3 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3}{0,170 \cdot (20 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 + 10^{-3} \text{ dm}^3) - 0,145 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3}$$

$$\gamma_x = 1,69 \cdot 10^{-2} \mu\text{g/dm}^3$$

$$\gamma_x = \frac{m_x}{V_x}$$

$$m_x = \gamma_x \cdot V_x = 1,69 \cdot 10^{-2} \mu\text{g/dm}^3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 3,39 \cdot 10^{-4} \mu\text{g}$$

$$w_x = \frac{m_x}{m_o} \cdot 10^6 \text{ ppm} = \frac{3,39 \cdot 10^{-7} \text{ mg}}{410 \text{ mg}} \cdot 10^6 \text{ ppm} = 0,000826 \text{ ppm} = 0,826 \text{ ppb}$$

3. Со помош на потенциометриска метода, анализирана е содржината на калиум во урина. За таа цел 3,5 mL проба се соодветено обработени и разредени до волумен од 250 mL. Измерената јачина на струјата на овој раствор изнесувала 2,382 A. Нови 3,5 cm<sup>3</sup> од пробата се обработени на истиот начин, со тоа што пред разредувањето до 250 mL, додадени се 9 mL стандарден раствор од калиум со масена концентрација на калиумовите јони од 38 μg/L. Измерената јачина на струјата на овој раствор била 3,804 A. Колку изнесува масената концентрација на калиум во урината?

$$V_o = 3,5 \text{ mL}$$

$$V_x = 250 \text{ mL}$$

$$I_x = 2,382 \text{ A}$$

$$V_s = 9 \text{ mL}$$

$$\gamma_s = 38 \mu\text{g/L}$$

$$I_{x+s} = 3,804 \text{ A}$$

$$\gamma_x = ?$$

Решение:

Јачината на струјата, исто како и апсорбанцата, е пропорционална со концентрацијата на спроводливата компонента, во овој случај калиумовите јони. Според тоа, може да се запише односот:

$$I_x : I_{x+s} = \gamma_x : \gamma_{x+s}$$

$$I_x : I_{x+s} = \gamma_x : (\gamma_x + \gamma_{x+s})$$

За пресметување на почетната масена концентрација на калиум, може да се искористи аналогно равенство на она кое што беше изведено на почетокот и претходната задача, но наместо апсорбанцата, да се воведе јачината на струјата:

$$\gamma_x = \frac{I_x \cdot \gamma_s \cdot V_s}{I_{x+s} \cdot (V_x + V_s) - I_x \cdot V_x}$$

$$\gamma_x = \frac{2,382 \text{ A} \cdot 38 \mu\text{g/dm}^3 \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3}{3,804 \text{ A} \cdot (250 + 9) \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 - 2,382 \text{ A} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3}$$

$$\gamma_x = 0,845 \mu\text{g/dm}^3$$

Најдената концентрација се однесува на содржината на калиум во разредениот раствор, односно во 250 mL. За да се најде масената концентрација во почетниот раствор, треба да се земе предвид разредувањето:

$$\gamma_o \cdot V_o = \gamma_x \cdot V_x$$

$$\gamma_o = \frac{\gamma_x \cdot V_x}{V_o} = \frac{0,845 \mu\text{g/dm}^3 \cdot 250 \text{ mL}}{3,5 \text{ mL}} = 60,38 \mu\text{g/dm}^3$$

4. За анализа на содржината на никел во некоја руда, искористена е методата на атомска апсорпциона спектрометрија. По претходна подготовка на рудата, добиен е раствор кој покажува апсорбанца од 0,262 единици. Потоа, 1 mL од стандарден раствор на никел со масена концентрација од  $100 \mu\text{g/dm}^3$  е додаден кон 95 mL од почетно приготвената проба и растворот е дополнет до 100 mL со дестилирана вода. Апсорбанцата на вака добиениот раствор изнесувала 0,506. Колку изнесува масената концентрација на никел во почетниот раствор?

$$A_x = 0,262$$

$$V_x = 95 \text{ mL}$$

$$V_s = 1 \text{ mL}$$

$$\gamma_s = 100 \text{ } \mu\text{g/L}$$

$$V_2 = 100 \text{ mL}$$

$$A_{x+s} = 0,506 \text{ A}$$

$$\gamma_x = ?$$

Решение:

За оваа задача може да се искористи равенката која беше изведена претходно, со тоа што во оваа задача е дадена вредноста на крајниот раствор –  $V_2$ :

$$\gamma_x = \frac{A_x \cdot \gamma_s \cdot V_s}{A_{x+s} \cdot V_2 - A_x \cdot V_x}$$

$$\gamma_x = \frac{0,262 \cdot 100 \text{ } \mu\text{g/dm}^3 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3}{0,506 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 - 0,262 \cdot 95 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3}$$

$$\gamma_x = 1,02 \text{ } \mu\text{g/dm}^3$$

5. Примерок од речна вода бил анализиран за содржината на бакар со помош на атомска апсорпциона спектроскопија. За таа цел била искористена методата на стандарден додаток и биле добиени овие резултати:

- Апсорбанца на слепата проба: 0,020

- Апсорбанца на пробата без стандарден додаток: 0,520

- Апсорбанца на пробата со стандарден додаток: 1,040

Измерената апсорбанца на примерокот била без негова претходна подготовка. Потоа, кон 100,0 mL проба биле додадени 100  $\mu\text{L}$  стандарден раствор во кој масената концентрација на бакар била 1000  $\mu\text{g/L}$ . Колку изнесува масената концентрација на бакар во речната вода?

Во оваа задача треба да се земе предвид и влијанието на матрицата, односно да се земе предвид апсорпцијата од страна на слепата проба:

$$A_o = 0,020$$

$$A_x = 0,520 - A_o = 0,520 - 0,020 = 0,500$$

$$A_{x+s} = 1,020 - 0,020 = 1,000$$

$$V_x = 100,0 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$$

$$V_s = 100 \text{ }\mu\text{L} = 10^{-4} \text{ L}$$

$$\gamma_s = 1000 \text{ }\mu\text{g/L} = 10^{-3} \text{ g/L}$$

$$\gamma_x = ?$$

За пресметување на масената концентрација може да се примени веќе изведената равенка, но исто така задоволително точни резултати ќе се добијат ако се претпостави дека  $V_2 = V_x$ . Во овој случај, волуменот на стандардниот додаток е премногу мал и речиси и да не влијае на промената на вкупниот волумен. Така, равенката:

$$\gamma_x = \frac{A_x \cdot \gamma_s \cdot V_s}{A_{x+s} \cdot V_2 - A_x \cdot V_x},$$

може да се запише како:

$$\gamma_x = \frac{A_x \cdot \gamma_s \cdot V_s}{A_{x+s} \cdot V_x - A_x \cdot V_x} = \frac{A_x \cdot \gamma_s}{A_{x+s} - A_x} \cdot \frac{V_s}{V_x}$$

и при тоа се добива:

$$\gamma_x = \frac{0,500 \cdot 1000 \text{ }\mu\text{g/L}}{1,000 - 0,500} \cdot \frac{10^{-4} \text{ L}}{0,1 \text{ L}} = 1,000 \text{ }\mu\text{g/L}$$

Ако **не** се земе предвид апроксимацијата, ќе се добие:

$$\gamma_x = \frac{A_x \cdot \gamma_s \cdot V_s}{A_{x+s} \cdot V_2 - A_x \cdot V_x} = \frac{0,500 \cdot 1000 \text{ }\mu\text{g/L} \cdot 10^{-4} \text{ L}}{1,000 \cdot (100 \cdot 10^{-3} \text{ L} - 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ L}) - 0,500 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ L}}$$

$$\gamma_x = \frac{A_x \cdot \gamma_s \cdot V_s}{A_{x+s} \cdot V_2 - A_x \cdot V_x} = \frac{0,500 \cdot 1000 \text{ }\mu\text{g/L} \cdot 10^{-4} \text{ L}}{1,000 \cdot (100 \cdot 10^{-3} \text{ L} - 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ L}) - 0,500 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ L}}$$

$$\gamma_x = 1,002 \text{ }\mu\text{g/L}$$

6. Во 2002 година „Републичкиот завод за здравствена заштита на Македонија“ – РЗЗЗ издаде решение за забрана за користење на минералната вода „Кожувчанка“. Во неа било

пронајдена содржина на арсен точно 4 пати над дозволените максимално пропишани вредности. Еден од начините за анализа на арсен е со методата на стандарден додаток. За таа цел, 5 mL обработена минерална вода е анализирана со помош на техниката „ICP-MS“ и одговорот од анализата е добиен како површина под пикот од спектарот. Вредноста која е добиена во релативни единици изнесува 3825. На аликвот од 5,0 mL, додадени се 1000  $\mu\text{L}$  стандарден раствор во кој вкупната содржина на арсен изнесува 800  $\mu\text{g/L}$  и пробата е дополнета до 10,0 mL со дестилирана вода. Измерената површина под пикот во овој случај изнесувала 9562,5 единици. Колку изнесува содржината на арсен во минералната вода и колкава е максимално дозволената содржина на арсен во водата за пиење?

Забелешка: Во овој случај, површината под пикот се смета дека е пропорционална со концентрацијата. Според тоа во равенката за пресметување на  $\gamma_x$ , наместо апсорбанцата  $A$ , се вметнува површината под пикот  $S$ .

Одговор:  $\gamma_x = 40 \mu\text{g/L}$ ,  $\gamma_{\max}(\text{As}) = 10 \mu\text{g/L}$

7. За анализа на содржината на пестицидот алахлор во почвата применета е методата на стандарден додаток. Според една хроматографска постапка (GC-ECD), пестицидот бил определен на следниот начин: 0,1087 g почва биле растворени во смеса од 9,0 mL дестилирана вода и 1,0 mL етанол. Пробата е филтрирана и префрлена во волуметриска колба од 50 mL. Додадени се 3,0 mL пуфер, 0,2 mL средство за комплексирање и дополнето е до марката со дестилирана вода. При анализа на 10,0 mL од вака припремената проба, одговорот на детекторот за соодветното ретенционо време изнесувал  $4,0 \cdot 10^5 \mu\text{V}$ . Кон аликвот од 10 mL од исто припремената проба, додаден е 1,0 mL стандарден раствор од пестицидот со концентрација од 200  $\mu\text{mol/L}$  и пробата е пуштена на анализаторот. При тоа била детектирана вредност од  $4,0 \cdot 10^6 \mu\text{V}$  што отстапува од границите на линеарна зависност на концентрацијата и напонот. Колкав треба да биде максималниот волумен од стандардниот раствор за одговорот на детекторот да биде околу вредноста  $7,9 \cdot 10^5 \mu\text{V}$ ?

Со оглед на тоа што концентрацијата на анализираниот примерок не се менува (тоа е вредноста која се определува со аналитичката постапка), таа ќе ја има истата вредност без разлика на волуменот од стандардниот раствор кој се додава. Според тоа може да се запише равенството за пресметување на  $c_x$  во двата случаи, а потоа да се изедначат изразите. Треба да се води сметка при означувањето на величините. Оние кои се менуваат со промена на волуменот на додадениот стандарден раствор, ќе бидат означени со ' (прим), а тоа се само волуменот на стандардот  $V_s \rightarrow V'_s$  и одговорот на инструментот  $\varphi_{x+s} \rightarrow \varphi'_{x+s}$ . Потребно е да се направи селекција на податоците кои се потребни за да се направи пресметката. Според тоа:

$$V_x = 10,0 \text{ mL}$$

$$\varphi_x = 4,0 \cdot 10^5 \mu\text{V}$$

$$V_s = 1,0 \text{ mL}$$

$$c_s = 200 \text{ } \mu\text{mol/L}$$

$$\varphi_{x+s} = 4,0 \cdot 10^6 \text{ } \mu\text{V} = 40 \cdot 10^5 \text{ } \mu\text{V}$$

$$\varphi'_{x+s} = 7,9 \cdot 10^5 \text{ } \mu\text{V}$$

$$V'_s = ?$$

И во оваа задача, одговорот на инструментот (отчитаниот потенцијал)  $\varphi$  е пропорционален со количествената концентрација, така што може да се искористат аналогни равенства на оние изведените во општиот дел.

За мерењето кога одговорот на инструментот е  $4,0 \cdot 10^6 \text{ } \mu\text{V}$ :

$$c_x : c_{x+s} = \varphi_x : \varphi_{x+s}$$

$$c_x = \frac{\varphi_x \cdot c_s \cdot V_s}{\varphi_{x+s} \cdot V_2 - \varphi_x \cdot V_x}$$

$$c_x = \frac{\varphi_x \cdot c_s \cdot V_s}{\varphi_{x+s} \cdot (V_x + V_s) - \varphi_x \cdot V_x}$$

$$c_x = \frac{\varphi_x \cdot c_s \cdot V_s}{\varphi_{x+s} \cdot V_x + \varphi_{x+s} \cdot V_s - \varphi_x \cdot V_x}$$

За мерењето кога одговорот на инструментот треба да изнесува  $7,9 \cdot 10^6 \text{ } \mu\text{V}$ :

$$c_x = \frac{\varphi_x \cdot c_s \cdot V'_s}{\varphi'_{x+s} \cdot V_x + \varphi'_{x+s} \cdot V'_s - \varphi_x \cdot V_x}$$

Кога ќе се изедначат двете равенства, се добива:

$$\frac{\varphi_x \cdot c_s \cdot V_s}{\varphi_{x+s} \cdot V_x + \varphi_{x+s} \cdot V_s - \varphi_x \cdot V_x} = \frac{\varphi_x \cdot c_s \cdot V'_s}{\varphi'_{x+s} \cdot V_x + \varphi'_{x+s} \cdot V'_s - \varphi_x \cdot V_x}$$

По кретењето останува:

$$\frac{V_s}{\varphi_{x+s} \cdot V_x + \varphi_{x+s} \cdot V_s - \varphi_x \cdot V_x} = \frac{V'_s}{\varphi'_{x+s} \cdot V_x + \varphi'_{x+s} \cdot V'_s - \varphi_x \cdot V_x}$$

Откако равенството математички ќе се преуреди и ќе се изрази  $V'_s$ , се добива:

$$V'_s = \frac{(\varphi'_{x+s} - \varphi_x) \cdot V_x \cdot V_s}{(\varphi_{x+s} - \varphi_x) \cdot V_x + (\varphi_{x+s} - \varphi'_{x+s}) \cdot V_s}$$

$$V'_s = \frac{(7,9 - 4) \cdot 10^5 \mu\text{V} \cdot 10 \text{ mL} \cdot 1 \text{ mL}}{(40 - 4) \cdot 10^5 \cdot 10 \text{ mL} + (40 - 7,9) \cdot 10^5 \mu\text{V} \cdot 1 \text{ mL}}$$

$$V'_s = 0,1 \text{ mL}$$

## Потенциометрија

Шематски запиши ја галванската ќелија која е составена од полуелемент кој се состои од раствор на  $\text{Pb}^{2+}$  јони во кој е потопена оловна електрода и полуелемент составен од бакарна електрода потопена во раствор од  $\text{Cu}^{2+}$  јони. Кој полуелемент ќе биде катода (десен), а кој анода (лев)? Напиши ја сумарната равенка на реакцијата која се одвива во ќелијата. Да се смета дека концентрациите и на оловните и на бакарните јони се  $0,10 \text{ mol/L}$ . Стандардните електродни потенцијали на полуелементите се  $E^\circ_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} = -0,126 \text{ V}$  и  $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,342 \text{ V}$ , соодветно.

### Решение:

За составената ќелија да биде галванска, мора парот со поголем стандарден електроден потенцијал да биде делот од ќелијата каде ќе се одвива реакцијата на редукција (десен полуелемент), додека другиот пар треба да биде делот каде ќе се одвива реакцијата на оксидација (лев полуелемент). Според тоа:

Десен полуелемент (катода, редукција):  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$

Лев полуелемент (анода, оксидација):  $\text{Pb}(\text{s}) \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

Сумарна равенка на реакцијата:  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{s}) = \text{Cu}(\text{s}) + \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$

Шематски приказ:  $\text{Pb}(\text{s}) \mid \text{Pb}^{2+}(\text{aq}), c = 0,10 \text{ mol/L} \parallel \text{Cu}^{2+}(\text{aq}), c = 0,10 \text{ mol/L} \mid \text{Cu}(\text{s})$

Треба да се состави ќелија во која ќе се одвива спонтан процес, без да се приложува електрична енергија од надвор. На располагање се магнезиумова лента (електрода), раствор од магнезиум хлорид со концентрација од  $0,10 \text{ mol/L}$ , раствор кој содржи  $\text{FeCl}_2$  и  $\text{FeCl}_3$  со концентрација од  $0,10$  и  $0,20 \text{ mol/L}$ , соодветно, како и платинска електрода. На кој начин треба да се конструира ќелијата? Запиши ги полуреакциите кои се одвиваат спонтано и сумарната реакција. Со скица прикажи го изгледот на ќелијата, како и нејзиниот шематски

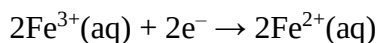
запис. Стандардни електродни потенцијали се:  $E_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}}^{\circ} = -2,363 \text{ V}$  и  $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^{\circ} = +0,771 \text{ V}$ , соодветно.

Решение:

Десен полуелемент (катода, редукција):  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 1\text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ ;

Лев полуелемент (анода, оксидација):  $\text{Mg}(\text{s}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$

За да биде ист бројот на разменети електрони кај двете полуреакции, за десниот полуелемент треба да се запише равенката како:

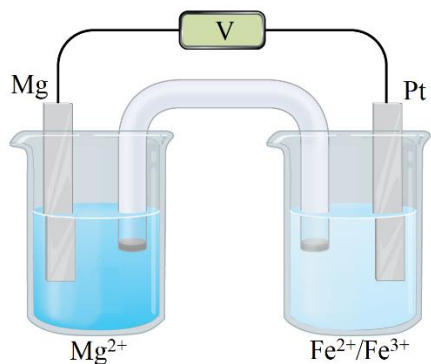


Сумарна равенка на реакцијата:  $2\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{Mg}(\text{s}) = 2\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Mg}^{2+}(\text{aq})$

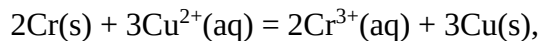
Шематски приказ:

$\text{Mg}(\text{s}) \mid \text{MgCl}_2 (c = 0,10 \text{ mol/L}) \parallel \text{FeCl}_2 (c = 0,10 \text{ mol/L}), \text{FeCl}_3 (c = 0,20 \text{ mol/L}) \mid \text{Pt}(\text{s})$

Скица:



За процесот прикажан со сумарната равенка на реакција:



прикажи го шематскиот запис како и равенките на полуреакциите кои се одвиваат во левата и десната полуќелија.

Решение:

$2\text{Cr}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{e}^{-}$ , процес на оксидација, анода, лев полуелемент

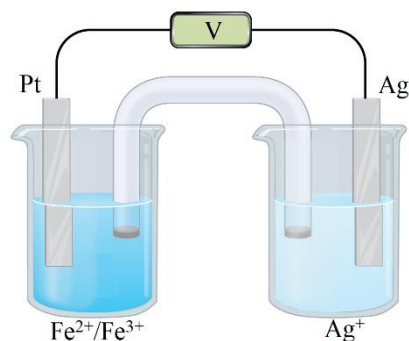
$3\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 6\text{e}^{-} \rightarrow 3\text{Cu}(\text{s})$ , процес на редукција, катода, десен полуелемент

Шематски:

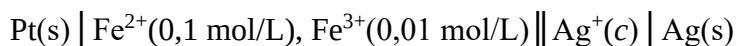
$\text{Cr}(\text{s}) \mid \text{Cr}^{3+}(\text{aq}), c(\text{Cr}^{3+}) \parallel \text{Cu}^{2+}(\text{aq}), c(\text{Cu}^{2+}) \mid \text{Cu}(\text{s})$



Нека е даден еден електрохемиски елемент како на сликата. Левиот полуелемент е составен од платинска електрода потопена во раствор кој содржи  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  јони со концентрации од 0,10 и 0,01 mol/L, соодветно. Десниот полуелемент се состои од сребрена електрода потопена во раствор кој содржи сребрени јони. Ако измерениот потенцијал на ќелијата изнесува  $-217 \text{ mV}$ , колкава е концентрацијата на  $\text{Ag}^+$ ? Стандардните електродни потенцијали на левиот и десниот полуелемент се  $+0,771 \text{ V}$  и  $+0,799 \text{ V}$ , соодветно.



Шематски, овој електрохемиски елемент може да се запише како:



Решение:

$$c(\text{Fe}^{2+}) = 0,10 \text{ mol/L}$$

$$c(\text{Fe}^{3+}) = 0,01 \text{ mol/L}$$

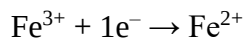
$$E = -217 \text{ mV}$$

$$E^\ominus_1 = +0,771 \text{ V}$$

$$E^\ominus_d = +0,799 \text{ V}$$

$$c(\text{Ag}^+) = ?$$

Според електродниот потенцијал на електрохемискиот елемент кој е помал од нула ( $E < 0$ ), може да се заклучи дека реакцијата се одвива со доведена струја од надвор, односно електрохемискиот елемент е електролитна, а не галванска ќелија. Така, равенките на полуреакциите се:



$$E = E_d - E_l$$

Од нернстовата равенка:

$$E = E^\ominus_{\text{Ox/Red}} - \frac{RT}{zF} \ln \frac{c(\text{Red})}{c(\text{Ox})}$$

$$E = E_{\text{Ox/Red}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{z} \log \frac{c(\text{Red})}{c(\text{Ox})}$$

$$E = E_d - E_l = \left[ E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{1} \log \frac{c(\text{Ag})}{c(\text{Ag}^+)} \right] - \left[ E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{1} \log \frac{c(\text{Fe}^{2+})}{c(\text{Fe}^{3+})} \right]$$

$$-0,217 \text{ V} = +0,799 \text{ V} - 0,059 \text{ V} \log \frac{1}{c(\text{Ag}^+)} - 0,771 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \log \frac{0,10 \text{ mol/L}}{0,01 \text{ mol/L}}$$

$$c(\text{Ag}^+) = 7 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$$

Еден електрохемиски елемент е составен, така што левата ќелија се состои од раствор на кадмиум нитрат со концентрација од 0,02 mol/L во кој е потопена кадмиумова прачка, а десната ќелија е составена од сребрена прачка потопена во раствор од сребро нитрат со концентрација од 0,50 mol/L. Дали вака составениот елемент е галвански? Стандарните електродни потенцијали се:  $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} + 0,799 \text{ V}$  и  $E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} = -0,402 \text{ V}$ , соодветно.

Решение:

$$c(\text{Cd}(\text{NO}_3)_2) = 0,02 \text{ mol/L}$$

$$c(\text{AgNO}_3) = 0,50 \text{ mol/L}$$

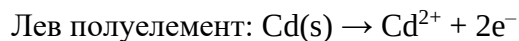
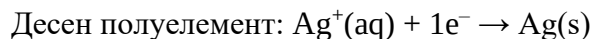
$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} + 0,799 \text{ V}$$

$$E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} = -0,402 \text{ V}$$

$$E = ?$$

Решение:

За да се утврди дали станува збор за галванска или електролитна ќелија, потребно е да се определи електродниот потенцијал на елементот.



$$E = E_d - E_l$$

Од нернстовата равенка:

$$E = E_{\text{Ox/Red}}^{\circ} - \frac{RT}{zF} \ln \frac{c(\text{Red})}{c(\text{Ox})}$$

$$E = E_{\text{Ox/Red}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{z} \log \frac{c(\text{Red})}{c(\text{Ox})}$$

$$E = E_d - E_1 = \left[ E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{1} \log \frac{c(\text{Ag})}{c(\text{Ag}^+)} \right] - \left[ E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \log \frac{c(\text{Cd})}{c(\text{Cd}^{2+})} \right]$$

$$E = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{1} \log \frac{1}{c(\text{Ag}^+)} - E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \log \frac{1}{c(\text{Cd}^{2+})}$$

$$E = +0,799 \text{ V} - 0,059 \text{ V} \cdot \log \frac{1}{0,5 \text{ mol/L}} - (-0,402 \text{ V}) + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{0,02 \text{ mol/L}}$$

$$E = +1,233 \text{ V}$$

$E > 0$ ,  $\rightarrow$  електрохемиската ќелија е галвански елемент.

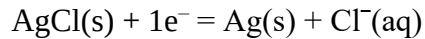
Пресметај го потенцијалот на сребро-сребро хлоридната електрода на 25 °C, доколку концентрацијата на хлоридни јони е 0,01 mol/dm<sup>3</sup>, а стандардниот редокс потенцијал на оваа електрода е 0,2224 V.

Решение:

$$c(\text{Cl}^-) = 0,01 \text{ mol/dm}^3$$

$$E_{\text{AgCl/Ag}}^{\circ} = +0,2224 \text{ V}$$

$$E = ?$$



$$E = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{1} \cdot \log \frac{c(\text{AgCl})}{c(\text{Ag}) \cdot c(\text{Cl}^-)}$$

$$E = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} - 0,059 \text{ V} \cdot \log \frac{1}{c(\text{Cl}^-)}$$

$$E = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} + 0,059 \text{ V} \cdot \log c(\text{Cl}^-)$$

$$E = +0,2224 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \log 0,01$$

$$E = +0,1044 \text{ V}$$

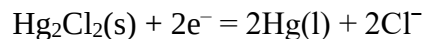
Колку изнесува потенцијалот на заситената каломелова електрода ако се знае дека концентрацијата на калиум хлоридот во заситен раствор при 25 °C е 4,18 mol/L, а стандардниот електроден потенцијал на електродата е +0,268 V?

Решение:

$$c(\text{KCl}) = 4,18 \text{ mol/L}$$

$$E^{\ominus}_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} = +0,268 \text{ V}$$

$$E = ?$$



$$E = E^{\ominus}_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \log \frac{c(\text{Hg}_2\text{Cl}_2)}{c(\text{Hg}) \cdot c(\text{Cl}^-)^2}$$

$$E = E^{\ominus}_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{c(\text{Cl}^-)^2}$$

$$E = E^{\ominus}_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log c(\text{Cl}^-)^2$$

$$E = E^{\ominus}_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} + 0,059 \text{ V} \cdot \log c(\text{Cl}^-)$$

$$E = +0,268 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \log 0,01$$

$$E = +0,150 \text{ V}$$

Еден раствор содржи јони од кобалт и кадмиум ( $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Cd}^{2+}$ ). Со помош на комплексометриска титрација било определено дека нивните концентрации во растворот се  $0,1055 \text{ mol/L}$  и  $0,1142 \text{ mol/L}$ , соодветно. Дали е можно да се постигне квантитативно разделување на овие два јони од растворот, односно да се изврши нивно квантитативно електрогравиметриско таложење? Стандардните електродни потенцијали на соодветните редокс парови за кобалт и кадмиум се  $-0,277 \text{ V}$  и  $-0,401 \text{ V}$ , соодветно.

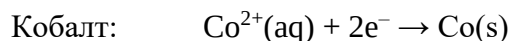
Решение:

$$c(\text{Co}^{2+}) = 0,1055 \text{ mol/L}$$

$$c(\text{Cd}^{2+}) = 0,1142 \text{ mol/L}$$

$$E^{\ominus}_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} = -0,277 \text{ V}$$

$$E^{\ominus}_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}} = -0,401 \text{ V}$$



- Почеток на таложењето:

$$E = E^{\ominus}_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{c(\text{Co}^{2+})} = -0,277 \text{ V} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{0,1055}$$

$$E = -0,306 \text{ V}$$

- Крај на таложењето:

Квантитативно исталожување се смета дека настанува кога концентрацијата на анализот се намалува до граничната вредност за концентрацијата од  $10^{-6} \text{ mol/L}$ .

Според тоа:

$$E = E_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{c(\text{Co}^{2+})} = -0,277 \text{ V} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{10^{-6}}$$

$$E = -0,454 \text{ V}$$

Кадмиум:  $\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cd}(\text{s})$

- Почеток на таложењето:

$$E = E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{c(\text{Cd}^{2+})} = -0,401 \text{ V} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{0,1142}$$

$$E = -0,429 \text{ V}$$

Од тука се гледа дека кадмиумот ќе почне да таложи при потенцијал при кој таложењето на кобалтот не е завршено, така што може да се смета дека разделување на овие метали со соодветните концентрации во водниот раствор, преку електрогравиметриско таложење не е можно.

- Крај на таложењето:

$$E = E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{c(\text{Co}^{2+})} = -0,401 \text{ V} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{10^{-6}}$$

$$E = -0,578 \text{ V}$$

При колкав потенцијал на кадмиумовата катода ќе започне таложење на метален кадмиум од раствор на кадмиум добиен со растворање на 0,2596 g чист кадмиум нитрат во вода, така што вкупниот волумен на растворот бил 250 mL? Стандардниот електроден потенцијал на редокс парот  $\text{Cd}^{2+} | \text{Cd}$  е  $-0,401 \text{ V}$ , а  $M(\text{Cd}(\text{NO}_3)_2) = 236,42 \text{ g/mol}$ .

Решение:

$$m(\text{Cd}(\text{NO}_3)_2) = 0,2596 \text{ g}$$

$$V(\text{p-p}) = 250 \text{ mL} = 0,25 \text{ L}$$

$$E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} = -0,401 \text{ V}$$

$$E = ?$$

$$E = E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{1}{c(\text{Cd}^{2+})}$$

$$E = E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log c(\text{Cd}^{2+})$$

$$E = E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{n(\text{Cd}^{2+})}{V(\text{p} - \text{p})}$$

$$E = E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{n(\text{Cd}(\text{NO}_3)_2)}{V(\text{p} - \text{p})}$$

$$E = E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^{\circ} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{m(\text{Cd}(\text{NO}_3)_2)}{M(\text{Cd}(\text{NO}_3)_2) \cdot V(\text{p} - \text{p})}$$

$$E = -0,401 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log \frac{0,2596 \text{ g}}{236,42 \text{ g/mol} \cdot 0,250 \text{ L}}$$

$$E = -0,470 \text{ V}$$

За определување на содржината на калциум во водата за пиење била употребена калциумова јон селективна електрода. За таа цел, најнапред бил определен потенцијалот на растворот приготвен со двојно разредување на 50,0 mL од пробата. Измерениот потенцијал на разредениот раствор бил  $-0,0513 \text{ V}$ . Кон овој раствор биле додадени 2,00 mL стандарден раствор од  $\text{Ca}^{2+}$  со концентрација на калциумовите јони од  $0,0500 \text{ mol/L}$ . Потенцијалот на овој раствор бил  $-0,0442 \text{ V}$ . Да се определи концентрацијата на калциум во водата за пиење.

Решение:

$$V = 50,0 \text{ mL}$$

$$V_1 = 100,0 \text{ mL}$$

$$E_1 = -0,0513 \text{ V}$$

$$V_s = 2,00 \text{ mL}$$

$$c_s(\text{Ca}^{2+}) = 0,0500 \text{ mol/L}$$

$$E_2 = -0,0442 \text{ V}$$

$$c(\text{Ca}^{2+}) = ?$$

$$E_1 = E' + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log c_1(\text{Ca}^{2+})$$

$$E_2 = E' + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log c_2(\text{Ca}^{2+})$$

Вредноста за  $E'$ , може да се изрази од првата равенка и да се замени во втората:

$$E' = E_1 - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log c_1(\text{Ca}^{2+})$$

$$E_2 = E_1 - \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log c_1(\text{Ca}^{2+}) + \frac{0,059 \text{ V}}{2} \cdot \log c_2(\text{Ca}^{2+})$$

Со средување на равенката за  $E_2$ , се добива:

$$\frac{2 \cdot (E_2 - E_1)}{0,059 \text{ V}} = \log c_1(\text{Ca}^{2+}) + \log c_2(\text{Ca}^{2+})$$

Со антилогаритмирање на овој израз, се добива:

$$10^{\left[ \frac{2(E_2 - E_1)}{0,059 \text{ V}} \right]} = c_1(\text{Ca}^{2+}) + c_2(\text{Ca}^{2+})$$

За да се определи концентрацијата на калциум во вториот раствор треба да се земе предвид дека всушност се измешани два раствора со определен волумен:

$$n_2 = n_1 + n_s$$

$$c_2(\text{Ca}^{2+}) \cdot V_2 = c_1(\text{Ca}^{2+}) \cdot V_1 + c_s(\text{Ca}^{2+}) \cdot V_s$$

$$c_2(\text{Ca}^{2+}) = c_1(\text{Ca}^{2+}) \cdot \frac{V_1}{V_2} + c_s(\text{Ca}^{2+}) \cdot \frac{V_s}{V_2}, \quad V_2 = V_1 + V_s$$

Овој израз се заменува во изразот со вклучените потенцијали:

$$10^{\left[ \frac{2(E_2 - E_1)}{0,059 \text{ V}} \right]} = c_1(\text{Ca}^{2+}) + c_1(\text{Ca}^{2+}) \cdot \frac{V_1}{V_2} + c_s(\text{Ca}^{2+}) \cdot \frac{V_s}{V_2}$$

$$10^{\left[ \frac{2(E_2 - E_1)}{0,059 \text{ V}} \right]} - c_s(\text{Ca}^{2+}) \cdot \frac{V_s}{V_2} = c_1(\text{Ca}^{2+}) \cdot \left[ 1 + \frac{V_1}{V_2} \right]$$

$$c_1(\text{Ca}^{2+}) = \left[ 10^{\left[ \frac{2(E_2 - E_1)}{0,059 \text{ V}} \right]} - c_s(\text{Ca}^{2+}) \cdot \frac{V_s}{V_2} \right] \cdot \frac{V_2}{V_1 + V_2}$$

$$c_1(\text{Ca}^{2+}) = \left[ 10^{\left[ \frac{2(-0,0442 \text{ V} - 0,0513 \text{ V})}{0,059 \text{ V}} \right]} - 0,0500 \text{ mol/L} \cdot \frac{2,00 \text{ mL}}{102,0 \text{ mL}} \right] \cdot \frac{102,0 \text{ mL}}{100,0 \text{ mL} + 102,0 \text{ mL}}$$

$$c_1(\text{Ca}^{2+}) = 2,03 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Растворот е двојно разреден, така што концентрацијата на калциумови јони во почетниот раствор ќе биде:

$$c(\text{Ca}^{2+}) = 4,06 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Извршена е калибрација на стаклена електрода за определување на pH вредности на раствори од оцетна киселина. За калибрацијата употребени се пуфери со  $\text{pH} = 7,00$  и  $4,00$ . Измерените потенцијали при овие вредности на pH биле  $-0,3920 \text{ V}$  и  $-0,2145 \text{ V}$ , соодветно. Колку изнесува pH вредноста на раствор од оцетна киселина чиј потенцијал е  $-0,2564 \text{ V}$ ? Сите мерења се вршени при  $25^\circ\text{C}$ .

Решение:

$$\text{pH}_1 = 7,00$$

$$\text{pH}_2 = 4,00$$

$$E_1 = -0,3920 \text{ V}$$

$$E_2 = -0,2145 \text{ V}$$

$$E = -0,2564 \text{ V}$$

$$\text{pH} = ?$$

Најнапред се запишува изразот за пресметување на електродниот потенцијал кај стаклената електрода во случај при мерењето на  $E$  за двата пуфера:

$$\begin{cases} E_1 = E' - 0,0592 \text{ V} \cdot \text{pH}_1 \\ E_2 = E' - 0,0592 \text{ V} \cdot \text{pH}_2 \end{cases}$$

Од каде:

$$\begin{cases} E' = E_1 + 0,0592 \text{ V} \cdot \text{pH}_1 \\ E' = E_2 + 0,0592 \text{ V} \cdot \text{pH}_2 \end{cases}$$

За мерењето на електродниот потенцијал на оцетната киселина со непозната вредност за pH може да се запише изразот:

$$E = E' - 0,0592 \text{ V} \cdot \text{pH}$$

и да се изрази pH:

$$\text{pH} = \frac{E - E'}{-0,0592 \text{ V}} = \frac{E' - E}{0,0592 \text{ V}}$$

$$\text{pH} = \frac{E_1 + 0,0592 \text{ V} \cdot \text{pH}_1 - E}{0,0592 \text{ V}} = \frac{E_1 - E}{0,0592 \text{ V}} + \text{pH}_1$$

$$\text{pH} = \frac{-0,3920 \text{ V} - (-0,2564 \text{ V})}{0,0592 \text{ V}} + 7,00 = 4,71$$



$$\text{pH} = \frac{E_2 + 0,0592 \text{ V} \cdot \text{pH}_2 - E}{0,0592 \text{ V}} = \frac{E_2 - E}{0,0592 \text{ V}} + \text{pH}_2$$

$$\text{pH} = \frac{-0,2145 \text{ V} - (-0,2564 \text{ V})}{0,0592 \text{ V}} + 4,00 = 4,71$$