

ӘӨЖ 502/504

А.С. Тапалова¹, *О.Я. Сулейменова¹Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қазақстан, Қызылорда қ.²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*E-mail: o_yachmet@mail.ru

Тотығу-тотықсыздану реакцияларын электрхимиялық талдау

Мақалада тотығу-тотықсыздану реакцияларының жүру бағытын анықтау мәселесін шешудің қарапайым тәсілдері қарастырылған. Стандартты термодинамикалық функциялар бойынша ΔG шамасын есептеп отырудың орнына редокс-жүйелердің редокс-потенциалдарын салыстыру ұсынылған, яғни ойша құрастырылған гальвани элементінің электр қозғаушы күші есептеледі. Гальваникалық элементтің ЭҚК мен берілген үдерістің Гиббс энергиясы арасындағы байланыс мына теңдеу арқылы өрнектеледі: $\Delta G = -nFE$. Сондықтан тотығу-тотықсыздану реакциясының жүру мүмкіндігін анықтау үшін стандартты электродтық потенциалды (E^0) білу керек.

Практикада тотығатын немесе тотықсызданатын зат екі, я болмаса бірнеше элементтен тұратын жағдайлар да жиі кездеседі. Көбінесе тотықтырғыштың құрамында оттегі болуы мүмкін. Бұл жағдайда электродтық үдеріске су және оның диссоциациялану өнімдері – сутек иондары (қышқылдық ортада) немесе гидроксид-иондар (сілтілік ортада) қатысады. Осыған байланысты электродтық үдерістің әртүрлі жағдайларына сәйкес электродтық потенциалдың жалпы теңдеуінің түрі қандай өзгерістерге ұшырайтыны қарастырылған. Мақала соңында типтік есептерді шығаруға мысалдар мен өз бетінше шығаруға арналған есептер келтірілген.

Түйін сөздер: тотығу-тотықсыздану реакциялары, редокс-жүйелер, редокс-потенциалдарын салыстыру, стандартты электродтық потенциалдар, Гиббс энергиясы.

A.S. Tapalova, O.Ya. Suleimenova

The Electrochemical analysis of oxidation-reduction reactions

This article covers the simplest way to solve the problem on determining the direction of oxidation-reduction reactions. Instead of calculating the value of ΔG at standard thermodynamic functions it is proposed to compare the redox potentials of redox systems, namely, to calculate electromotive force mentally compiled a galvanic element. The connection between the cell electromotive force and Gibbs energy is expressed by the following equation: $\Delta G = -nFE$. Therefore, in order to determine reaction feature it is required to know the cell electromotive force (E^0). In practice, there are such processes where two and more oxidizing or reviving elements are involving. In many cases, the oxidant comprised of oxygen. In such cases, the electrode process involving water and its dissociation products - hydrogen ions (acid medium) or hydroxide ions (alkaline). In this regard, the change was considered a general equation of the electrode potential according to different conditions of the electrode process. The article provides examples for typical tasks and tasks for own solving.

Keywords: oxidation-reduction reactions, redox system, comparing the redox potentials, the standard electrode potentials, Gibbs energy.

А.С. Тапалова, О.Я. Сулейменова

Электрхимический анализ окислительно-восстановительных реакций

В статье рассматривается более простой способ решения вопроса об определении направления окислительно-восстановительных реакций. Вместо расчета величины ΔG по стандартным термодинамическим функциям предлагается сравнить редокс-потенциалы редокс-систем, т.е. рассчитывать электродвижущую силу мысленно составленного гальванического элемента. Связь между электродвижущей силой элемента и энергией Гиббса выражается следующим уравнением: $\Delta G = -nFE$. Поэтому для определения возможности протекания реакции обязательно нужно знать электродвижущую силу элемента (E^0). В практике встречаются такие процессы, в которых участвуют две и более окисляющие или восстанавливающие элементы. Во многих случаях в состав окислителей входит кислород. В таких случаях в электродном процессе участвуют вода и ее продукты диссоциации – ионы водорода (кислая среда) или ионы гидроксида (щелочная среда). В связи с этим рассматривалось изменение общее уравнение электродного потенциала в зависимости различных условиях электродного процесса. В конце статьи приведены примеры для решения типовых задач и задачи для самостоятельных решений.

Ключевые слова: окислительно-восстановительные реакции, редокс-системы, сравнение редокс-потенциалов, стандартные электродные потенциалы, энергия Гиббса.

Жаратылыстану-математика бағытында химияны оқытатын мұғалімдердің міндеті-оқушыларды бағдарламаға сәйкес теориялық біліммен қаруландыру ғана емес, сабақта оқытылатын материалдарды қазіргі ғылыми-техникалық прогресс заманына сай өндіріспен, өмірмен байланыстыра оқыту. Ол үшін кез келген химиялық реакцияның кинетикасын термодинамикалық тұрғыдан зерттей білу керек.

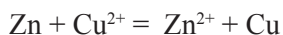
Тотығу-тотықсыздану үрдістерін мектепте оқыту барысында химия пәнінің оқытушылары реакция теңдеулерін теңестіріп, тотықтырғыш пен тотықсыздандырғыштарды анықтаумен ғана шектеледі. Тотығу-тотықсыздану реакцияларының жүру бағытын анықтау, электролиз, коррозия мәселелеріне жеткілікті көңіл бөлмейді. Осыған байланысты әр түрлі деңгейдегі химиялық олимпиадаларда да оқушылардың осы тақырыптар бойынша білімінің төмендігі байқалады. Ал бұл тақырыптардың химия өнеркәсібіндегі орны ерекше екені бәрімізге мәлім.

Аталған кемшіліктердің алдын алу мақсатында қызығушылық танытушы оқытушылар, студенттер және мектеп оқушылары үшін тотығу-тотықсыздану реакцияларының электрохимиялық сараптамасын ұсынамыз.

Әрбір тотығу-тотықсыздану реакциясы тотығу және тотықсыздану жартылайреакцияларынан тұрады. Егер реакция гальваникалық элементте немесе электролиз жолымен іске асса, онда әрбір жартылайреакция өзіне сәйкес электродтарда жүреді; сондықтан, жартылайреакцияларды электродтық үрдістер деп те атайды.

Тотығу-тотықсыздану реакциясының екі жартылайреакцияларға бөлінуіне байланысты кернеу (ЭҚК) әрбір жартылайреакцияға сәйкес кернеу шамаларының айырмасына тең. Бұл шамалар *электродтық потенциалдар* немесе электродтық кернеулер деп аталады.

Мыс-мырыш элементіндегі



тотығу-тотықсыздану үрдісінің электрқозғаушы күші жартылайэлементтердің потенциалдарының айырмасына тең:

$$E = \Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2$$

Бұл шаманы өлшеуге болады. Сондықтан

жартылайэлементтерді (тотығу-тотықсыздану жұптарын) сипаттау үшін берілген жартылайэлемент пен салыстыру электродының арасындағы ЭҚК шамасын пайдаланады.

Салыстыру электроды есебінде *стандартты сутектік электрод* қабылданған:



Сутектің қысымы 1атм, H^+ белсенділігі 1-ге тең ($\alpha \approx C = 1$ моль/л) шарты сақталғанда $\Delta\varphi_0 = 0$.

Стандартты сутектік электрод пен қарастырылып отырған электродтан құрылған тізбектің ЭҚК соңғының *электродтық потенциалы* деп аталады. Иондардың белсенділігі (концентрациясы) 1-ге тең жағдайда бұл потенциалды *стандартты* (E^0) деп атайды. Мысалы Cu^{2+}/Cu тотығу- тотықсыздану жұбы үшін $[\text{Cu}^{2+}] = 1$ моль/л болғанда:

$$E = \Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_0 = E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$$

$$\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$$

тотығу-тотықсыздану үдерісі үшін:

$$E = E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$$

жалпы түрде:

$$E = E_{\text{том.}} - E_{\text{тқсз.}}$$

мұндағы $E_{\text{том.}}$ – тотықтырғыш есебіндегі жұптың электродтық потенциалы; $E_{\text{тқсз.}}$ – тотықсыздандырғыш есебіндегі жұптың электродтық потенциалы.

Гальваникалық элементтің ЭҚК мен берілген үдерістің Гиббс энергиясы арасындағы байланыс мына теңдеу арқылы өрнектеледі:

$$\Delta G = - nFE,$$

мұндағы n –үрдіске қатысушы электрондар саны; F - Фарадей саны, 96500 Кл. $\Delta G_{298}^0 < 0$, $E > 0$ жағдайда *тотығу-тотықсыздану үдерісінің жүруі термодинамикалық тұрғыдан мүмкін*.

Сонымен, тотығу-тотықсыздану реакциясының жүру мүмкіндігін анықтау үшін стандартты электродтық потенциалды (E^0) білу керек [1, 2].

Есте сақтаңыз:

E^0 шамасы *тотықсыздану үдерісіне қатысты* ($E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$ шамасы $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}^0$ реакциясына сәйкес).

** E^0 мәні бір электронға (1e) есептеліп берілген.*

**Стандартты сутектік потенциал нөлге тең $E^0(2H^+ / H_2^0) = 0$ В.*

**Электродтық потенциалдың шамасы температураға және компоненттердің белсенділігіне тәуелді $E_f(T, a_i)$.*

1-мысал.

Стандартты жағдайда берілген тотығу-тотықсыздану реакциясы қай бағытта өздігінен жүретіндігін анықтаңыз:



Шығарылуы:

Стандартты потенциалдар кестесінен әрбір жұптың потенциалдар шамасын табамыз:

$$E^0(Cl_2 / 2Cl^-) = 1,36 \text{ В}$$

$$E^0(SO_4^{2-} / SO_3^{2-}) = 0,22 \text{ В}$$

Потенциалдар шамасын салыстыра отырып $Cl_2 / 2Cl^-$ жұбының тотыққан түрінің потенциалының оң мәні жоғары болғандықтан, оның тотықтырғыш болатындығын, ал екінші жұптың (SO_4^{2-} / SO_3^{2-}) тотықсызданған түрі

$$E_1 = E^0(Cl_2 / 2Cl^-) - E^0(Br_2 / 2Br^-) \quad E_1 = 1,36 \text{ В} - 1,08 \text{ В} = 0,28 \text{ В}$$

$$E_2 = E^0(Cl_2 / 2Cl^-) - E^0(I_2 / 2I^-) \quad E_2 = 1,36 \text{ В} - 0,54 \text{ В} = 0,82 \text{ В}$$

E_1 және E_2 мәндерін салыстыра отырып, ЭҚК шамасы жоғары реакция жылдамырақ жүретінін білеміз. Олай болса $E_2 > E_1$ болғандықтан, алдымен (2) реакция жүреді.

3-мысал. Стандартты жағдайда хлорсутек қышқылын: а) марганец (IV) оксидімен; ә) калий перманганатымен

потенциал мәні кіші болғандықтан тотықсыздандырғыш болатынын анықтаймыз. Олай болса, стандартты жағдайларда реакция өздігінен төмендегі теңдеу бойынша жүреді:



2-мысал. Калий иодиді мен калий бромидінің қоспасына хлормен әсер еткенде алдымен қай реакция жүреді, егер стандартты электродтық тотығу-тотықсыздану потенциалдарының мәндері:

$$E^0(Cl_2 / 2Cl^-) = 1,36 \text{ В},$$

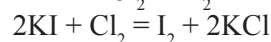
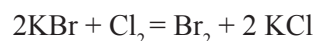
$$E^0(Br_2 / 2Br^-) = 1,08 \text{ В},$$

$$E^0(I_2 / 2I^-) = 0,54 \text{ В}$$

тең болса?

Шығарылуы:

Реакция теңдеулерін жазамыз.



Әрбір реакция үшін потенциалдар айырымын (ЭҚК) анықтаймыз.

лий перманганатымен тотықтырып хлор газын алу мүмкін бе?

Шығарылуы.

Анықтамалықтан $E^0(MnO_2/Mn^{2+})$, $E^0(MnO_4^-/Mn^{2+})$ және $E^0(Cl_2/Cl^-)$ тауып, реакцияның ΔG есептейміз.

а) $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$ реакциясы үшін

$$E^0 = E^0(MnO_2/Mn^{2+}) - E^0(Cl_2/Cl^-) = 1,23 - 1,36 = -0,13 \text{ В},$$

$$\Delta G = -nFE = -2 \cdot 96500 \cdot (-0,13) = 25090 \text{ Дж};$$

ә) $2KMnO_4 + 16HCl = 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O + 2KCl$ реакциясы үшін

$$E^0 = E^0(MnO_4^-/Mn^{2+}) - E^0(Cl_2/Cl^-) = 1,51 - 1,36 = 0,15 \text{ В},$$

$$\Delta G = -nFE = -10 \cdot 96500 \cdot 0,15 = -144750 \text{ Дж};$$

Стандартты жағдайда хлорсутек қышқылын марганец (IV) оксидімен тотықтыру термодинамикалық тұрғыдан мүмкін емес, өйткені

$\Delta G_{298}^0 > 0$, ал $E < 0$; ал калий перманганатымен реакция өздігінен жүреді, өйткені $\Delta G_{298}^0 < 0$, $E > 0$.

Электродтық үрдістің әртүрлі жағдайларына сәйкес электродтық потенциалдың жалпы теңдеуінің түрі қандай өзгерістерге ұшырайтынын қарастырайық:

1-жағдай: $M^{n+} + ne^- = M$,

мұндағы M – металл атомы, M^{n+} - осы металдың n - зарядталған ионы. Бұл жағдайға мыс-мырыш элементінің екі электродын немесе өз тұзының ерітіндісіне батырылған металл электродты жатқызуға болады. Металдың тотыққан түріне оның ионы, ал тотықсызданған түріне атомы жататыны белгілі. Демек, $[Ox] = [M^{n+}]$, ал $[Red] = \text{const}$, өйткені тұрақты температурада металдағы атомдардың концентрациясы өзгермейді, тұрақты шама болып қалады. Ол шама E^0 ішіне кіреді деп есептесек, электродтық потенциалдың жалпы теңдеуінің түрі төмендегідей болады:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg [M^{n+}]$$

Мысалы: $Ag^+ + e^- = Ag$ үрдісі үшін $E = 0,799 + 0,059 \lg [Ag^+]$, ал $Zn^{2+} + 2e^- = Zn$ үрдісі үшін $E = 0,763 + 0,030 \lg [Zn^{2+}]$.

2-жағдай: $M^{n_2+} + (n_2 - n_1)e^- = M^{n_1+}$

Металдың тотыққан (M^{n_2+}) түрі де, тотықсызданған (M^{n_1+}) түрі де ерітіндіде болғандықтан, олардың концентрациялары өзгермелі шамалар болады. Сондықтан,

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n_2 - n_1} \lg \frac{[M^{n_2+}]}{[M^{n_1+}]}$$

Мысалы: $Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$ үрдісі үшін

$$E = 0,771 + 0,059 \lg \frac{Fe^{+3}}{Fe^{+2}}$$

Осыған дейін бір элементтің иондары ғана қатысатын электродтық үрдістерге мысалдар келтірдік. Практикада тотығатын немесе тотықсызданатын зат екі, я болмаса бірнеше элементтен тұратын жағдайлар да жиі кездеседі. Көбінесе тотықтырғыштың құрамында оттегі болуы мүмкін. Бұл жағдайда электродтық үрдіске су және оның диссоциациялану өнімдері – сутек иондары (қышқылдық ортада) немесе гидроксид-иондар (сілтілік ортада) қатысады. Осы жағ-

дайларға байланысты электродтық потенциалдар теңдеуінің қалай өзгеретінін қарастырайық:

3-жағдай: $O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$

Қарастырылып отырған электродтық үрдісте оттектің тотықсыздануы сутек-иондарының қатысында жүзеге асатындықтан, реакция нәтижесінде су түзіледі. Демек, $[Red] = [H_2O]^2$, ал $[Ox] = [O_2] \cdot [H^+]^4$. Сұйық ерітінділердегі судың концентрациясы тұрақты шама деп есептелетіндіктен, ол шама E^0 ішіне кіреді, ал оттектің концентрациясы оның ерітінді бетіне түсіретін парциалдық қысымына тура пропорционал ($[O_2] = kP_{O_2}$). Қажетті өзгерістерді орындап, тұрақты шамалардың қосындысын E^0 кіргізіп, 3-жағдайға сәйкес теңдеуді жазамыз:

$$E = E^0 + 0,059 \lg [H^+] + \frac{0,059}{4} \lg P_{O_2}$$

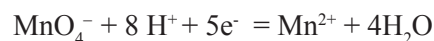
Бұл үрдіс үшін $E^0 = 1,228$ В тең, олай болса:

$$E = 1,228 - 0,059 \text{ рН} + 0,015 \cdot \lg P_{O_2}$$

Оттектің парциалды қысымын қалыпты атмосфералық қысымға ($P_{\text{атм.}} = 1$) тең деп алсақ, $\lg P_{O_2} = 0$ болады. Осыған байланысты электродтық потенциалдар теңдеуі төмендегідей өрнектеледі:

$$E = 1,228 - 0,059 \text{ рН.}$$

4-жағдай: Күрделі теңдеулермен өрнектелетін электродтық үрдістерге қатысушы заттардың көпшілігінің концентрациялары ауыспалы шамалар болғандықтан, потенциалдар теңдеуіне өзгерістер енеді.



Бұл жартылайреакция калий перманганаты көптеген тотықсыздандырғыштармен қышқылдық ортада әрекеттескенде (тотықсыздану жағына қарай) жүреді. Үрдістің $E^0 = 1,507$ В.

Электродтық потенциалдың теңдеуін жазайық:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{5} \lg \left[\frac{[MnO_4^-]}{[Mn^{2+}]} \right] + \frac{8 \cdot 0,059}{5} \lg [H^+] = 1,507 + 0,012 \lg \frac{[MnO_4^-]}{[Mn^{2+}]} - 0,095 \text{ рН}$$

3 және 4-мысалдарда көрсетілгендей, судың қатысында жүретін электрохимиялық үдерістердің потенциалдарының теңдеулерінде сутек ион-

дарының концентрациясы логарифмдік теңдеудің алымына кіреді. Демек, бұл үдерістердің потенциалдарының шамасы ерітіндінің рН-на

тәуелді, ол ерітіндінің қышқылдығы артқан сайын көбейеді [3].

Типтік есептерді шығару мысалдары

Мысал 1. Аноды өз тұзының (ZnSO_4) ерітіндісіне батырылған мырыш болып келетін гальваникалық элементтің стандартты ЭҚК (298K) 0,47 В тең. Екінші электродтың стандартты электродтық потенциалын есептеп табыңыз. Ол қандай электрод? Гальваникалық элементтің жұмысы барысында мырыш пластинкасының массасы қалай өзгереді?

Шығарылуы. Стандартты ЭҚК стандартты редокс – потенциалдардың айырмасына тең:

$$E = E^0(\text{Ox}) - E^0(\text{Red}).$$

Анықтамалық кестеде $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76$.

Катодтың электродтық потенциалын есептейік:

$$0,47 = E^0(\text{Ox}) - (-0,76).$$

Олай болса, $E^0(\text{Ox}) = -0,29$ В. Стандартты электродтық потенциалдың бұл мәніне Co^{2+}/Co редокс - жұбы сәйкес келеді.

Гальваникалық элементте мына реакция жүретіндіктен,



Мырыш пластинкасының массасы кемиді.

- а) $E = E^0(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) - E^0(\text{Au}^{3+}/\text{Au}^+) = 1,09 - 1,41 = -0,32$ В;
- ә) $E = E^0(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) - E^0(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = 1,09 - 0,15 = +0,94$ В;
- б) $E = E^0(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) - E^0(\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}) = 1,09 - 1,95 = -0,86$ В.

Демек, а) және б) реакциялары өздігінен жүре алмайды, өйткені $E < 0$, ә) реакциясы өздігінен жүре алады, өйткені $E > 0$.

Мысал 3. Күміс иондарын мырышпен тотықсыздандыру үрдісі қай жағдайда тереңірек жүретінін салыстырыңыз: а) күміс аквакешеннің құрамында болса; б) күміс амминокешеннің құрамында болса.

Шығарылуы. Термодинамикадан білетініміздей изобарлы-изотермиялық жағдайларда максимальды пайдалы жұмыс Гиббс энергиясының азаюымен сипатталады:

Мысал 2. Бром суы – зертханалық практикада көп қолданыс табатын реактив. Берілген иондардың: а) алтын(I), ә) қалайы(II), б) кобальт(II) кайсыларын бром суымен тотықтыруға болады?

Шығарылуы. $E = E^0(\text{Ox}) - E^0(\text{Red}) > 0$ шарты қанағаттандырылған жағдайларда ғана тотығу-тотықсыздану үрдісі өздігінен жүре алады.

Есептің шарты бойынша бром суы тотықтырғыш болғандықтан, алтын(I), қалайы(II), кобальт(II) иондары тотықсыздандырғыш болады. Төмендегі реакциялардың өздігінен жүруі мүмкін бе, мүмкін емес пе деген сұраққа жауап іздеп көрейік:

- а) $\text{Br}_2 + \text{Au}^+ = 2\text{Br}^- + \text{Au}^{3+}$
- ә) $\text{Br}_2 + \text{Sn}^{2+} = 2\text{Br}^- + \text{Sn}^{4+}$
- б) $\text{Br}_2 + \text{Co}^{2+} = 2\text{Br}^- + \text{Co}^{3+}$

Анықтамалықтан қарап редокс-жұптардың стандартты электродтық потенциалдарының мәндерін жазамыз:

- $E^0(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) = 1,09$ В;
- $E^0(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = 0,15$ В;
- $E^0(\text{Au}^{3+}/\text{Au}^+) = 1,41$ В;
- $E^0(\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}) = 1,95$ В;

Стандартты ЭҚК стандартты редокс-потенциалдардың айырмасына тең болғандықтан:

$$W = -\Delta G^0, \text{ ал } \Delta G^0 = -nFE$$

Үрдістің жүру тереңдігін көрсететін Гиббс энергиясының азаюы потенциалдар айырымымен байланысты; салыстырып отырған екі реакция үшін де nF мәні бірдей болғандықтан, реакцияның жүру тереңдігін E шамасының мәндеріне қарап білуге болады:

- а) $\text{Zn} + 2[\text{Ag}(\text{H}_2\text{O})_2]^+ \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+} + 2\text{Ag}$
 - б) $\text{Zn} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{Ag}$
- Red_1
 Ox_2
 Ox_1
 Red_2

Екі реакция үшін де $n = 2$.

Анықтамалықтан қарап редокс-жұптардың

стандартты электродтық потенциалдарының мәндерін жазамыз:

$$\begin{aligned} E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) &= 0,80 \text{ В}; \quad E^0([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+/\text{Ag} + 2\text{NH}_3) = 0,373 \text{ В}; \\ E^0([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}/\text{Zn} + 4\text{NH}_3) &= -1,04 \text{ В}; \quad E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ В}; \end{aligned}$$

Әрбір тотығу-тотықсыздану үрдісі үшін стандартты редокс-потенциалдардың айырмасын табамыз:

$$\begin{aligned} \text{a) } E_1 &= E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) - E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = 0,80 - (-0,76) = 1,56 \text{ В}; \\ \text{б) } E_2 &= E^0([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+/\text{Ag} + 2\text{NH}_3) - E^0([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}/\text{Zn} + 4\text{NH}_3) = 0,373 - (-1,04) = 1,41 \text{ В}. \\ \Delta G_1 &= -nFE = -2 \cdot 96500 \cdot (1,56) = -301080 \text{ Дж}; \\ \Delta G_2 &= -nFE = -2 \cdot 96500 \cdot (1,41) = -272130 \text{ Дж}. \end{aligned}$$

Аквакешеннің құрамындағы күміс иондарын мырышпен тотықсыздандыру үрдісінің жүру тереңдігі жоғары, өйткені $\Delta G_1 < \Delta G_2$.

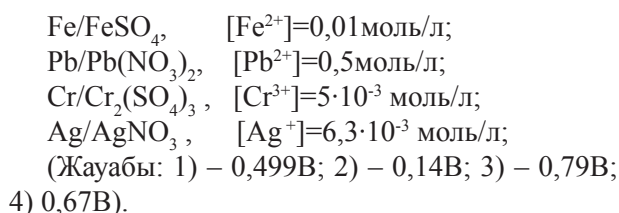
Өз бетінше шығаруға арналған есептер

1. Төмендегі тотығу-тотықсыздану процестерінің қайсысының жүруі мүмкін



2. Никель иондарының Ni^{2+} активтігі 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} және 10^{-4} моль/л болған жағдайларға сәйкес никельдің осы тұз ерітінділеріндегі электродтық потенциалдарын есептеңіз. (Жауабы: $-0,28 \text{ В}$; $-0,31 \text{ В}$; $-0,34 \text{ В}$; $-0,37 \text{ В}$).

3. Катиондарының активті концентрациясы берілген металдардың өз тұзының ерітіндісіндегі электродтық потенциалдарын есептеңіз:



4. Өз тұзына батырылған марганец электродының потенциалы $-1,1 \text{ В}$. Mn^{2+} иондарының активті концентрациясын есептеңіз. (Жауабы: $0,0204$).

5. Алдын ала майсыздандырылып, салмағы өлшенген темір пластинкасы мыс (II) сульфатының ерітіндісіне батырылды. Біршама уақыттан

кейін пластинканы ерітіндіден алып, сумен жуып, кептіріп өлшегенде оның массасының өзгергендігі байқалған. Осы құбылысты реакция теңдеуін жазып түсіндіріңіз.

6. Мыс (II) сульфатының ерітіндісіне батырылған темір пластинканың массасы $0,6$ грамға артқан. Қажетті есептеулер жүргізіп, осы құбылысты түсіндіріңіз. (Жауабы: $4,8 \text{ г}$).

7. Есептеулеріңізде анықтамалықтағы стандартты электродтық потенциалдардың мәндерін пайдаланып, келесі сұрақтарға жауап беріңіз:

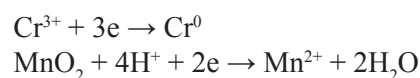
1) Мырыш пластинкаларын темір (II), кадмий, калайы (II), мыс (II) және күміс тұздарының ерітінділеріне батырғанда не байқайсыз? Мүмкін болатын реакция теңдеулерін иондық түрде жазыңыз.

2) Осы ерітінділерге мыс пластинкасын батырғанда не байқар едіңіз? Мүмкін болатын реакция теңдеулерін жазыңыз.

3) Мырыш сульфаты мен калайы (II) хлориді ерітінділеріне кадмий пластинкасын салса, не байқалар еді?

8. Никель бір жағдайда теріс электрод, ал екінші жағдайда оң электрод болатын екі гальваникалық элементтің сызбанұсқасын құрастырыңыз. Бұл элементтердің жұмыс істеу кезінде жүретін реакция теңдеулерін молекулалық және иондық түрде жазыңыз.

9. Екі электрохимиялық жүйе берілген:



Осы жүйелерден құралған гальваникалық

элементтің стандартты электродтық потенциалын есептеңіз. (Жауабы: 1,974В).

10. Егер FeCl_3 пен FeCl_2 активті концентрациялары 0,05моль/л және 0,85моль/л сәйкес бол-

са, $T=298\text{K}$ температурада $\text{Pt}/\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}$ тотығу-тотықсыздану электродының потенциалының шамасы қандай болғаны? (Жауабы: $\varphi(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})=0,697\text{В}$) [4].

Әдебиеттер

- 1 Б.А. Бірімжанов. Жалпы химия. – 3 – рет басылуы. – Алматы: Қазақ мемлекеттік ұлттық университеті 2001. – 744 б.
- 2 М.Е. Тамм, Ю.Д. Третьяков. Неорганическая химия. Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 347 с.
- 3 С.Ж. Пірәлиев, Б.М. Бутин, Г.М. Байназарова, С.Ж. Жайлауов. Жалпы химия. – Алматы: Дәуір, 2003. – 254 б.
- 4 Б.И. Адамсон, О.Н. Гончарук, В.Н. Камышова. Задачи и упражнения по общей химии. – М.: Высшая школа, 2004. – 263 с.

References

- 1 B.A. Beremzhanov. Zhalpy khimiya. – 3 – ret basyluy. – Almaty: Kazak memlekettik ulttuk universiteti, 2001. – 744 b.
- 2 M.E. Tamm, Yu.D. Tret'yakov. Neorganicheskaya khimiya. T. 1: Fiziko-khimicheskie osnovy neorganicheskoy khimii. – M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2004. – 347 s.
- 3 C.Zh. Praliev, B.M. Butin, G.M. Bainazarova, C.Zh. Zhaylauov. Zhalpy khimiya – Almaty: Daur, 2003. – 254 b.
- 4 B.I. Adamson, O.N. Goncharuk, V.N. Kamyshova. Zadachi i uprazhneniya po obshchey khimii. – M.: Vysshaya shkola, 2004. – 263 s.