Određivanje dvokomponentne smjese anionskih tenzida koristeći elektrodu s tekućom membranom modificiranom česticama ugljika

Pavić, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:962249

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek







Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Sveučilišni preddiplomski studij kemije

Marija Pavić

Određivanje dvokomponentne smjese anionskih tenzida koristeći elektrodu s tekućom membranom modificiranom česticama ugljika

Determination of two-component mixtures of anionic surfactants using liquid membrane electrode modified by carbon particles

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Mirela Samardžić

Osijek, 2017.

SAŽETAK:

Tenzidi ili površinski aktivne tvari su organski spojevi koji smanjuju površinsku napetost otopine u kojoj se nalaze. Sastoje se od polarne (hidrofilne) glave i nepolarnog (hidrofobnog) repa. Dijelimo ih na kationske, anionske, neionske i amfolitske tenzide. Anionski tenzidi u vodenim otopinama disociraju te daju negativno nabijene površinski aktivne organske ione. Potenciometrijske titacije često se koriste za određivanje tenzida.

Pri potenciometrijskim mjerenjima korištena je tenzidno selektivna elektroda, čija tekuća membrana je bila sastavljena od dimetildioktadecilamonijevog tetrafenilborata (DDA-TPB) uz dodatak čestica ugljika. Natrijev dodekansulfonat, koncentracije 1×10^{-3} mol/dm^3, i natrijev dekansulfonat, koncentracije 1×10^{-3} mol/dm^3, određivani su potenciometrijskom titacijom, najprije oba zasebno, a potom zajedno u smjesi. Kao titrant korišten je cetilpiridinijev klorid (CPC) koncentracije 1×10^{-3} mol/dm^3.

Ključne riječi: anionski tenzidi, potenciometrijska titracija, ion-selektivna elektroda, dvokomponentna smjesa

ABSTRACT:

Surfactants or surface active agents are organic compounds that lower the surface tension of a solution. They consist of polar (hydrophilic) head and unpolar (hydrophobic) tail. We differ anionic, cationic, nonionic and amphoteric surfactants. Anionic surfactants dissociate on negatively charged organic ions in liquid solutions. Potentiometric titrations are commonly used for surfactants determination.

Surfactant selective electrode with liquid membrane based on dimethyldioctadecylammonium – tertraphenylborate (DDA-TPB) and carbon particles was used for potentiometric measurements. The sodium dodecane sulfonate, c = $1x10^{-3}$ mol/dm^3, and sodium decanesulfonate, c = $1x10^{-3}$ mol/dm^3 were determined using potentiometric titration, first separately than in a mixture. Cetylpyridinium cloride (CPC), c = $1x10^{-3}$ mol/dm^3 was used as a titrant.

Keywords: anionic surfactants, potentiometric titration, ion-selective electrode, two-component mixture

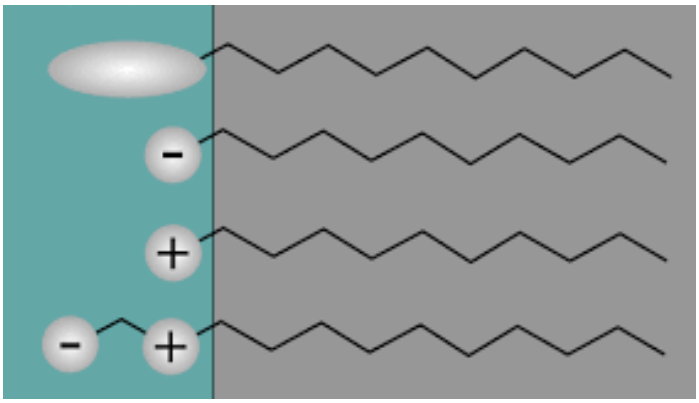
Sadržaj

1.Uvod....1
1.1. Tenzidi....1
1.1.1. Anionski tenzidi....4
1.2. Potenciometrija....5
1.2.1. Potenciometrijska titracija....7
1.2.2. Ionsko selektivne elektrode (ISE)....8
2. Eksperimentalni dio....10
2.1. Reagensi....10
2.2. Aparatura....10
2.3. Senzor....11
2.4. Postupak titracije....11
3. Rezultati i rasprava....12
4. Zaključak....18
5. Popis literature....19

1.Uvod

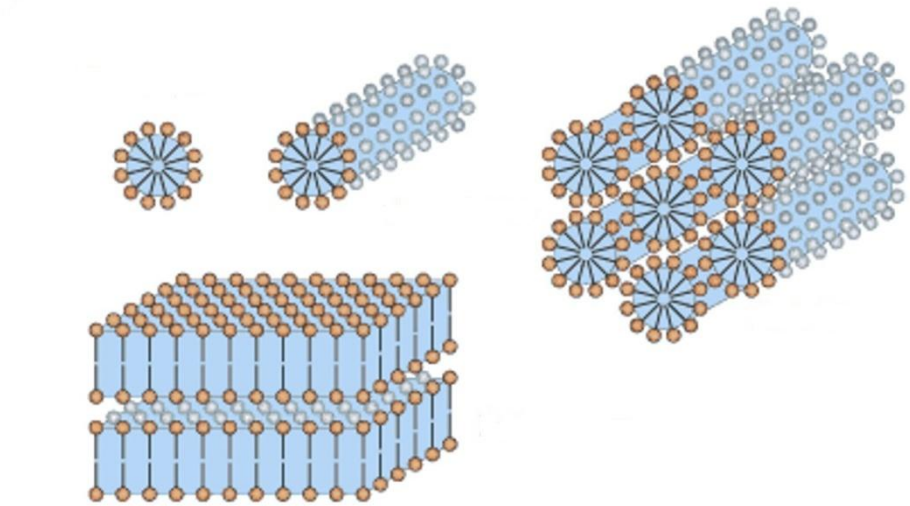
1.1. Tenzidi

Organske spojeve koji smanjuju površinsku napetost otopine u kojoj se nalaze nazivamo tenzidi ili površinski aktivne tvari. Mogu biti u praškastom obliku (praškasti detergenti), u obliku vodenih otopina (tekući detergenti, šamponi, dezinficijensi) i emulzija (kozmetički preparati, sredstva za čišćenje podova i metalnih površina). Tenzidi se nalaze u prirodi, kao fosfolipidi od kojih su građene stanične membrane, a mogu se dobiti i sintetskim putem. Sastoje se od polarne (hidrofilne, lipofobne) glave i nepolarnog (hidrofobnog, lipofilnog) repa. Hidrofilna skupina čini tenzid topivim u polarnim otapalima (npr. voda). Uglavnom je pozitivno ili negativno nabijena. Hidrofobna skupina čini tenzid topivim u nepolarnim otapalima kao što je ulje [1], to je dugački ugljikovodični lanac i nema naboja (Slika 1). Hidrofilna skupina može biti sastavljena od iona (sulfonati, sulfati, karbonati, fosfati i kvarterne amonijeve soli), polarnih grupa (primarni amini, aminoksidi, sulfoksidi i fosfooksidi) i nepolarnih grupa s elektronegativnim atomom (kisikov atom u eterima, aldehidima, ketonima, esterima i dušikov atom u amidima, nitroalkanima i aminima). Ove molekule se povezuju vodikovim vezama s molekulama vode [1].



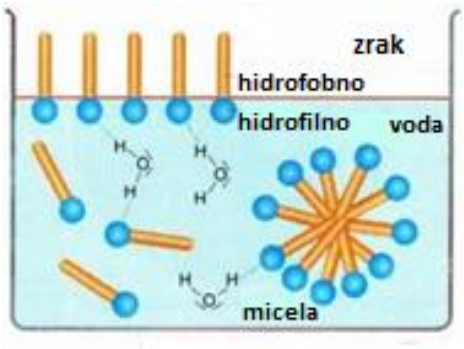
Slika 1. *Shematski prikaz molekule tenzida [2]*

Tenzidi imaju razne osobine i primjene. Osobine tenzida su adsorpcija i molekulsko samoudruživanje. *Adsorpcija* je tendencija molekula tenzida da se sakupljaju na granici dviju faza npr. na granici uljne i vodene faze ili vodene faze i zraka [3]. Ako se tenzidi nalaze u vodi, hidrofilne glave su okrenute prema vodi, a hidrofobni repovi su okrenuti prema zraku. Ako se u posudi nalaze i voda i ulje, tenzidi su okrenuti tako da su im hidrofilne glave okrenute prema vodi, a hidrofobni repovi prema ulju. Zbog tih osobina koriste se kao močila, emulgatori, sapuni, detergenti, itd. *Molekulsko samoudruživanje* je tendencija molekula tenzida da se udružuju u veće nakupine kao što su micele, dvosloji i tekući kristali [3]. Kada se koncentracija tenzida u otopini povećava, raspoloživog prostora za tenzide na površini ima sve manje i površinski monomeri se počinju gomilati u otopini. Budući da hidrofobni repovi tenzida nisu topljivi u vodi, tenzidi se počinju udruživati tako da se smanje interakcije hidrofobnih repova s vodom i počinju se udruživati u micele (agregate) koje u vodenim otopinama mogu biti: kuglaste, cilindrične, heksagonalno cilindrične i laminarne (Slika 2).



Slika 2. *Prikaz micele u obliku valjka, dvosloja, kugle i heksagonalno cilindričnom obliku [4]*

Oblik micele ovisi o njihovoj koncentraciji u otopini, o temperaturi otopine i o pH. Tenzidi postoje u otopini kao monomeri do određene koncentracije - kritične koncentracije za stvaranje micela (CMC), nakon čega se počinju stvarati micele koje su u ravnoteži sa monomerima (Slika 3) [3].



Slika 3. *Monomeri u ravnoteži s micelama [5]*

Hidrofilni dio tenzida može imati pozitivni ili negativni naboj, pozitivni i negativni naboj i može biti bez naboja. Prema tome tenzide dijelimo na kationske, anionske, amfolitske ili neionske.

Anionski tenzidi su površinski aktivne tvari koje u vodenim otopinama disociraju dajući negativno nabijene površinski aktivne organske ione [3]. Najčešće se koriste u obliku praškastih detergenata za pranje rublja i dodaju se proizvodima za osobnu njegu. Kationski tenzidi su površinski aktivne tvari koje u vodenim otopinama disociraju dajući pozitivno nabijene površinski aktivne organske ione [3]. Zbog pozitivno nabijene organske grupe, jako se adsorbiraju na negativno nabijene površine (tkanine, kosa i stanične membrane bakterija). Koriste se kao omekšivači, sredstva za uređivanje kose i kao antibakterijska sredstava [1].

Kationski tenzidi dobro podnose promjene pH i lako stvaraju emulzije. U aerobnim uvjetima su biorazgradivi, ali zadržavaju toksičnost i pri malim koncentracijama. Po kemijskom sastavu najčešće su kvarterni amonijevi spojevi [3].

Amfolitski tenzidi su površinski aktivne tvari koje u vodenoj otopini mogu disocirati tako da spoj dobije karakteristike anionskih ili kationskih tenzida. Koje karakteristike će spoj dobiti ovisi o uvjetima otopine [2]. U kiselim otopinama amfolitski

tenzidi su kationi, u bazičnim otopinama su anioni i u neutralnim otopinama su zwitterioni. Koriste se kao detergenti, šamponi za bebe, sredstva za čišćenje i u kozmetičkim proizvodima.

Neionski tenzidi su površinski aktivne tvari koje ne disociraju u vodenoj otopini. Hidrofilna glava ima neutralan naboj. Topljivost u vodi potječe od funkcionalnih grupa u njihovoj strukturi koje imaju veliki afinitet prema vodi. Mogu biti polietilenglikoleteri masnih alkohola (etoksilati masnih alkohola) i alkil poliglukozidi. Polietilenglikoleteri masnih alkohola u svojoj strukturi imaju kratak polimerni lanac koji je hidrofobna skupina i polietoksilirani lanac koji je hidrofilna skupina. Alkil poliglukozidi sastoje se od šećera (hidrofilna skupina) i masnih alkohola (hidrofobna skupina). Koriste se u praškastim proizvodima i tekućim detergentima, sredstvima za pranje posuđa, gelovima za tuširanje, kao emulgatori i sredstva za disperziju. Posjeduju visoku moć pjenjenja, blago djeluju na kožu i lako su biorazgradivi [3].

Svojstva tenzida koja utječu na odabir su: pjenjenje, emulgiranje, vlažnoća, disperzija, agregacija, topljivost, adsorpcija, micelarizacija, biorazgradivost, itd. Tenzidi su u proizvodima najčešće kombinirani jer takvi imaju bolja svojstva i nižu cijenu.

1.1.1. Anionski tenzidi

Anionski tenzidi su najčešće korišteni tenzidi i imaju široku primjenu. Koriste se za uklanjanje mrlja s tkanina te je njihova svjetska proizvodnja najveća. Najčešće se koriste kao praškasti detergenti jer se lako raspršuju. Većina anionskih tenzida stvara pjenu u otopini iznad svoje CMC što je i poželjno pri pranju i čišćenju, ali može ograničiti njihovo korištenje u područjima gdje pjena stvara problem. Osjetljivi su na tvrdoću vode. Sapuni su anionski tenzidi koji su dobiveni iz životinjskih i biljnih masti i ulja. Glavni nedostaci sapuna su: osjetljivost na prisutnost dvovalentnih i trovalentnih kationa, na visoke koncentracije soli, niski pH i niske temperature [6].

Anionske tenzide klasificiramo prema polarnim skupinama:

1) Sulfonati
   a) Aromatski - alkilbenzeni, alkiltolueni, alkilksileni, alkilnaftaleni
   b) Alifatski – α-alken sulfonati, alkan sulfonati, sulfosukcinati
2) Sulfati
   a) Alkil sulfati
   b) Alkil etoksi sulfati
3) Fosfatni esteri
4) Karboksilati
5) Sapuni.

Jedna od najvažnijih grupa anionskih tenzida koji se koriste u obliku detergenata su alkilbenzensulfonati (ABS). Imaju razgranati alkilni lanac pa se teško razgrađuju. Lako se skladište i transportiraju.

1.2. Potenciometrija

Elektroanalitičke metode skupina su analitičkih postupaka kod kojih podatke o određivanoj molekulskoj vrsti dobivamo na temelju međusobno razmjernih električnih veličina, pomoću električnog napona, električne struje, električnog otpora ili električnog naboja [7]. Glavne elektroanalitičke metode su: potenciometrija, kulonometrija, amperometrija i konduktometrija.

Potenciometrija je jedna od glavnih elektroanalitička metoda kojom se mjeri razlika potencijala između referentne i indikatorske elektrode uz ravnotežne uvjete. Pri mjerenju kroz sustav ne teče struja. Mjerni potencijal je proporcionalan logaritmu aktiviteta analita. U potencimetrijskim mjerenjima koriste se referentne i indikatorske elektrode.

Referentne elektrode su elektrode čiji potencijal je točno poznat i ne ovisi o koncentraciji analita i drugih prisutnih iona u otopini. Dogovoreno je da je referentna elektroda uvijek anoda. Kao referentna elektroda koristi se standardna vodikova elektroda. Standardna vodikova elektroda je univerzalna referentna elektroda u odnosu na koju se

izražavaju potencijali ostalih referentnih elektroda. Umjesto standardne vodikove elektrode u praksi se često koriste sekundarne referentne elektrode kao kalomelova ili srebro/srebrov klorid referentna elektroda [7] .

Indikatorske elektrode su elektrode kojima potencijal ovisi o aktivitetu analita. Većina elektroda daje visoko selektivan odziv na ione analita, koji je u idealnom slučaju brz i reproducibilan [7].

Potencijal elektrokemijske ćelije prikazujemo jednadžbom:

$$\boldsymbol{E_{ćelije} = E_{ind} - E_{ref} + E_{pren}} \quad (1)$$

$E_{ćelije}$- potencijal elektrokemijske ćelije (elektromotorna sila)
E_{ind}- potencijal indikatorske elektrode
E_{ref}- potencijal referentne elektrode
E_{pren}- prenapon.

Prenapon nastaje na granici između dva elektrolita. Javlja se na kontaktu referentne elektrode i otopine u ćeliji. Potencijal indikatorske elektrode odgovor je na promjenu aktiviteta, mjeri se u sklopu s odabranom pogodnom referentnom elektrodom i dan je Nernstovim izrazom:

$$E = E^{o} + \frac{RT}{zF}\ln\frac{a_{(oks)}}{a_{(red)}} = E^{o} + \frac{2{,}303RT}{zF}\log\frac{a_{(oks)}}{a_{(red)}} \quad (2)$$

E- potencijal
E°- standardni redukcijski potencijal
R- opća plinska konstanta, 8,3143 $JK^{-1}mol^{-1}$
F- Faradeyeva konstanta, 96 487 $Cmol^{-1}$
T- apsolutna temperatura [K]
$a_{(oks)}$- aktivitet oksidiranog oblika iona
$a_{(red)}$– aktivitet reduciranog oblika iona
z- naboj iona.

Aktivitet (*a*) je djelotvorna koncentracija neke tvari u otopini elektrolita. U idealnoj otopini djeluju samo molekule otapala na čestice otopljene tvari. U realnim otopinama privlačne sile između iona rastu s povećanjem naboja iona i povećanjem njihove koncentracije.

$$a = f \cdot c \tag{3}$$

a - aktivitet jedinke

c - molarna koncentracija jedinke

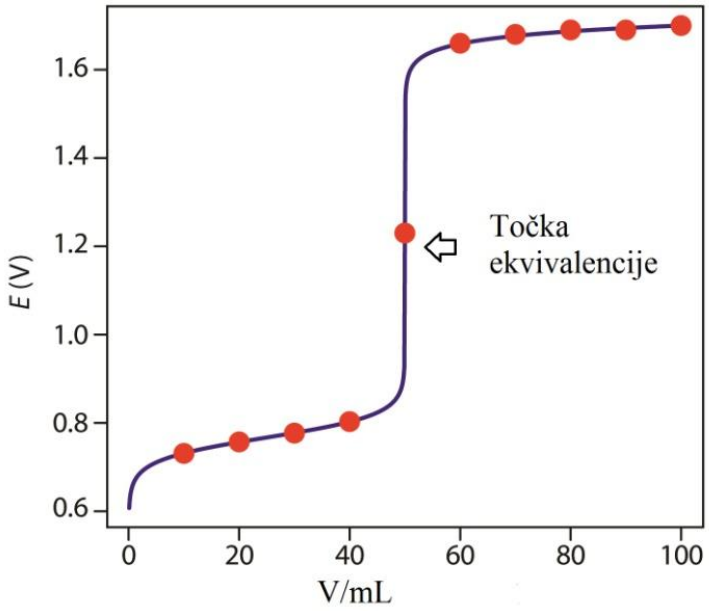
f - koeficijent aktiviteta

Potenciometrijska mjerenja dijelimo na direktnu potenciometriju i potenciometrijske titracije.

1.2.1. Potenciometrijska titracija

Potenciometrijska titracija je metoda kojom se mjeri potencijal između dvije elektrode (referentne i indikatorske elektrode) kao funkcija dodanog volumena reagensa. Titracija se obavlja tako što se određuje nepoznata koncentracija ispitivane otopine titracijom s nekom standardnom otopinom. Nagla promjena potencijala indikatorske elektrode ukazuje na završnu točku titracije [8]. Napon ćelije mjeri se tako da kroz ćeliju teče tako mala struja da ona ne utječe na mjerljivo stanje ravnoteže na elektrodama. Instrumentalno određivanje završne točke ima niz prednosti u odnosu na korištenje indikatora. Vizualno određivanje završne točke je dosta subjektivno, a ne može se koristiti u mutnim i obojenim otopinama. Potenciometrijske metode određivanja završne točke primjenjuju se za kiselo-bazne titracije, taložne, redoks i druge titracije.

Titracijska krivulja je sigmoidalnog oblika. Ekvivalentna točka titracije je dio krivulje s maksimalnom promjenom potencijala, možemo je odrediti iz diferencijalne krivulje gdje maksimum krivulje određuje točku ekvivalencije (Slika 4).



Slika 4. *Prikaz titracijske krivulje*

1.2.2. Ionsko selektivne elektrode (ISE)

Ionsko selektivne elektrode su elektrokemijski senzori koji omogućuju diferencijalno potenciometrijsko određivanje aktiviteta ionskih vrsta u prisutnosti drugih vrsta iona [9]. ISE imaju selektivan odziv na neku vrstu iona u otopini uzorka, za koji je odgovorna ionsko-selektivna membrana.

Prednosti ionsko selektivne elektrode su niska cijena, jednostavna aparatura, ekološki je prihvatljivija, brza i jednostavna mjerenja, ekonomičnost, brz odziv, široko koncentracijsko područje mjerenja, niska granica detekcije, visoka osjetljivost, mala potrošnja kemikalija itd.

Postoji nekoliko vrsta ionsko selektivnih membrana uključujući one koje se sastoje od stakla, plastificiranih polimera ili različitih kristaličnih tvari. Danas se najčešće koriste ionsko selektivne membrane koje se sastoje od ionskog asocijata (ionofora), plastifikatora i PVC matrice. Ionofor je odgovoran za aktivnost membrane dok je membrana odgovorna za selektivno prepoznavanje ionske vrste.

Podjela ISE :

1. Primarne elektrode:
   a) kristalne
   b) nekristalne
2. Složene (višeslojne) elektrode:
   a) elektrode osjetljive na plin
   b) enzimske elektrode (biosenzori)
3. Elektrode s metalnim kontaktom.

2. Eksperimentalni dio

2.1. Reagensi

Za određivanje dvokomponentne smjese anionskih tenzida korištena je tenzidno selektivna elektroda koja ima tekuću membranu modificiranu česticama ugljika. Kao senzorski materijal korišten je dimetildioktadecilamonijev tetrafenilborat (DDA-TPB) imobiliziran u membranu česticama ugljika. Cetilpiridinijev klorid (CPC) koncentracije 1×10^{-3} mol/dm^3 korišten je kao titrant, dok su se kao analiti koristili natrijev dekansulfonat koncentracije 1×10^{-3} mol/dm^3 te natrijev dodekansulfonat koncentracije 1×10^{-3} mol/dm^3.

2.2. Aparatura

Za potenciometrijsku titraciju korišten je automatski titrator 794 Basic Titrino (Slika 5.) uz pripadajuću izmjenjivu jedinicu za doziranje (806 Exchange unit) i magnetsku mješalicu (728 Stirer). Uređaj je upravljan programom Tiamo 1.1.. Sva aparatura koja se koristila u eksperimentu proizvodena je u švicarskoj tvrtci Metrohm.



Slika 5. *Automatski titrator 794 Basic Titrino [10]*

2.3. Senzor

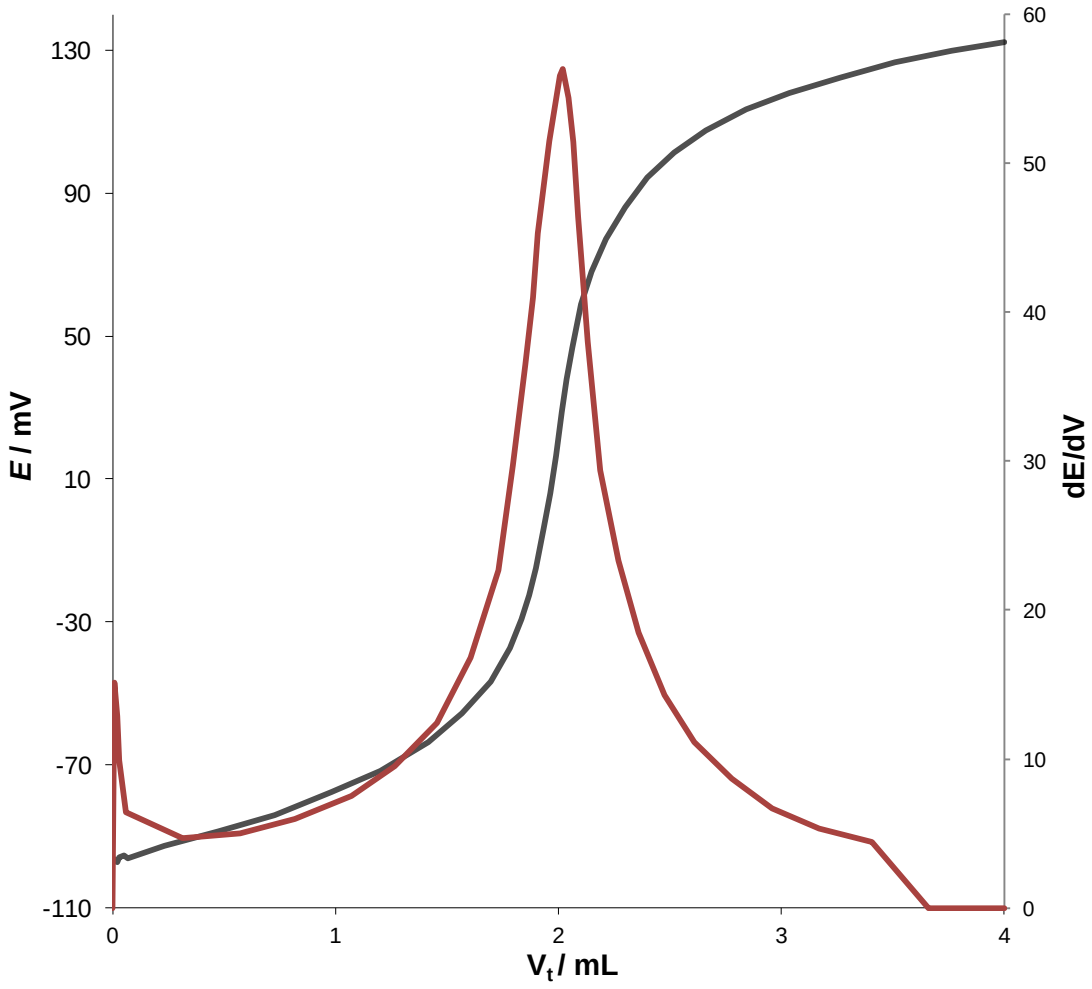
Mjerenja su se vršila uz pomoć Philips elektrode u koju je, kao senzorski materijal, bio ugrađen ionski par DDA-TPB uz čestice ugljika. Unutrašnji elektrolit indikatorske elektrode bila je otopina natrijeva klorida (NaCl) koncentracije 3 mol/dm^3. Kao referentna elektroda korištena je srebro/srebro (I) klorid (Ag/AgCl) elektroda. Unutrašnji elektrolit referentne elektrode bila je otopina kalijeva klorida (KCl) koncentracije 3 mol/dm^3.

2.4. Postupak titracije

Sve titracije izvedene su pri sobnoj temperaturi uz mješanje magnetskom mješalicom. Prvo se određivao potencijal pri titracijama otopina pojedinačnih anionskih tenzida, a zatim pri titraciji smjese anionskih tenzida. Titracijske krivulje su konstruirane kao ovisnost elektrodnog potencijala (E/mV) o volumenu tenzida (V_t/mL) pomoću računalnog programa Microsoft Office Excel 2007. Titracijama su se određivale točke ekvivalencija iz kojih su se kasnije mogle odrediti koncentracije tenzida. Ukupni volumen otopine analita je bio 25 mL.

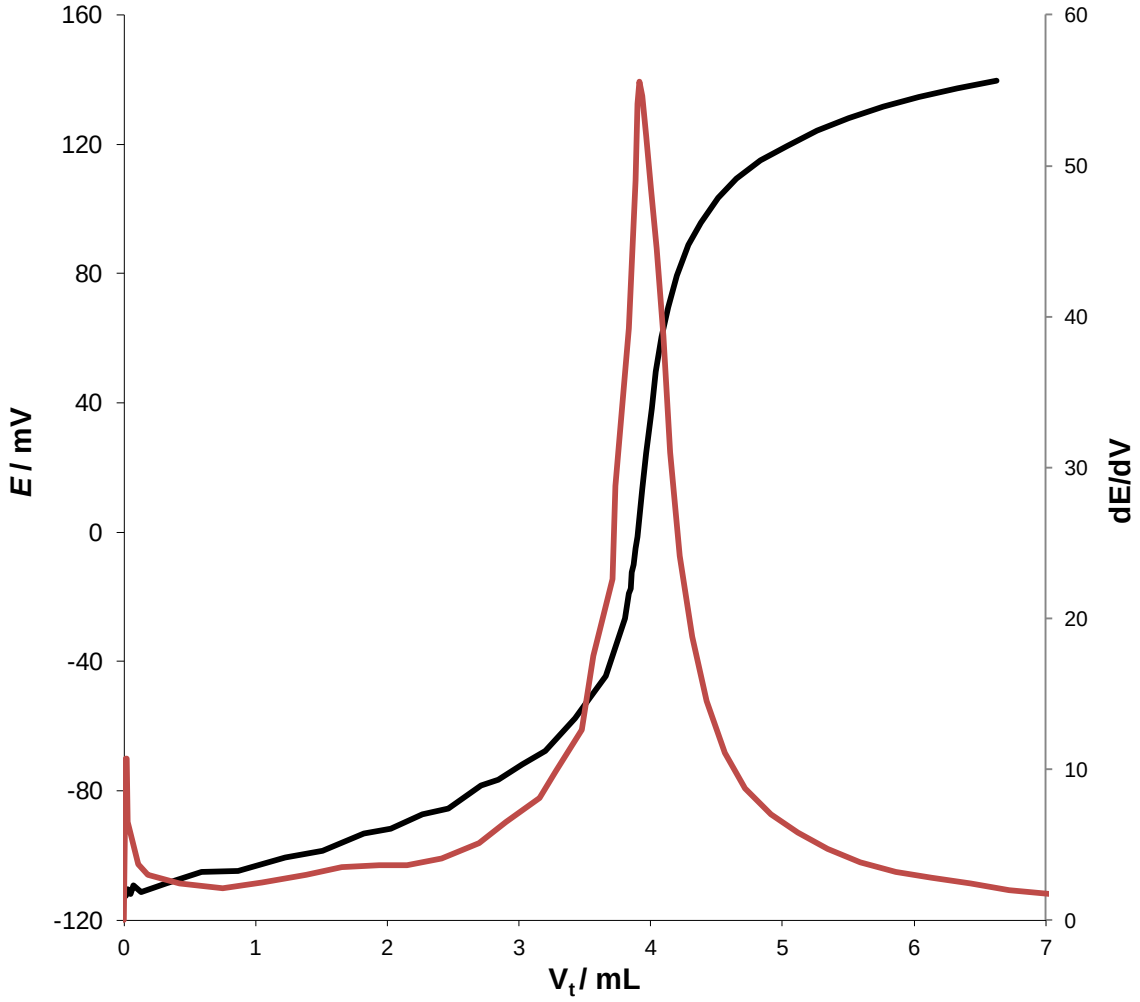
3. Rezultati i rasprava

U svim ispitivanjima koristila se Philips elektroda koja je sadržavala membranu izgrađenu od DDA-TPB i čestica ugljika. Kao titrant koristio se CPC koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3. Analit u prvoj skupini mjerenja bila je otopina pripravljena od 2 mL natrijeva dodekansulfonata (C_{12}), koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3 i 23 mL vode (slika 6.).



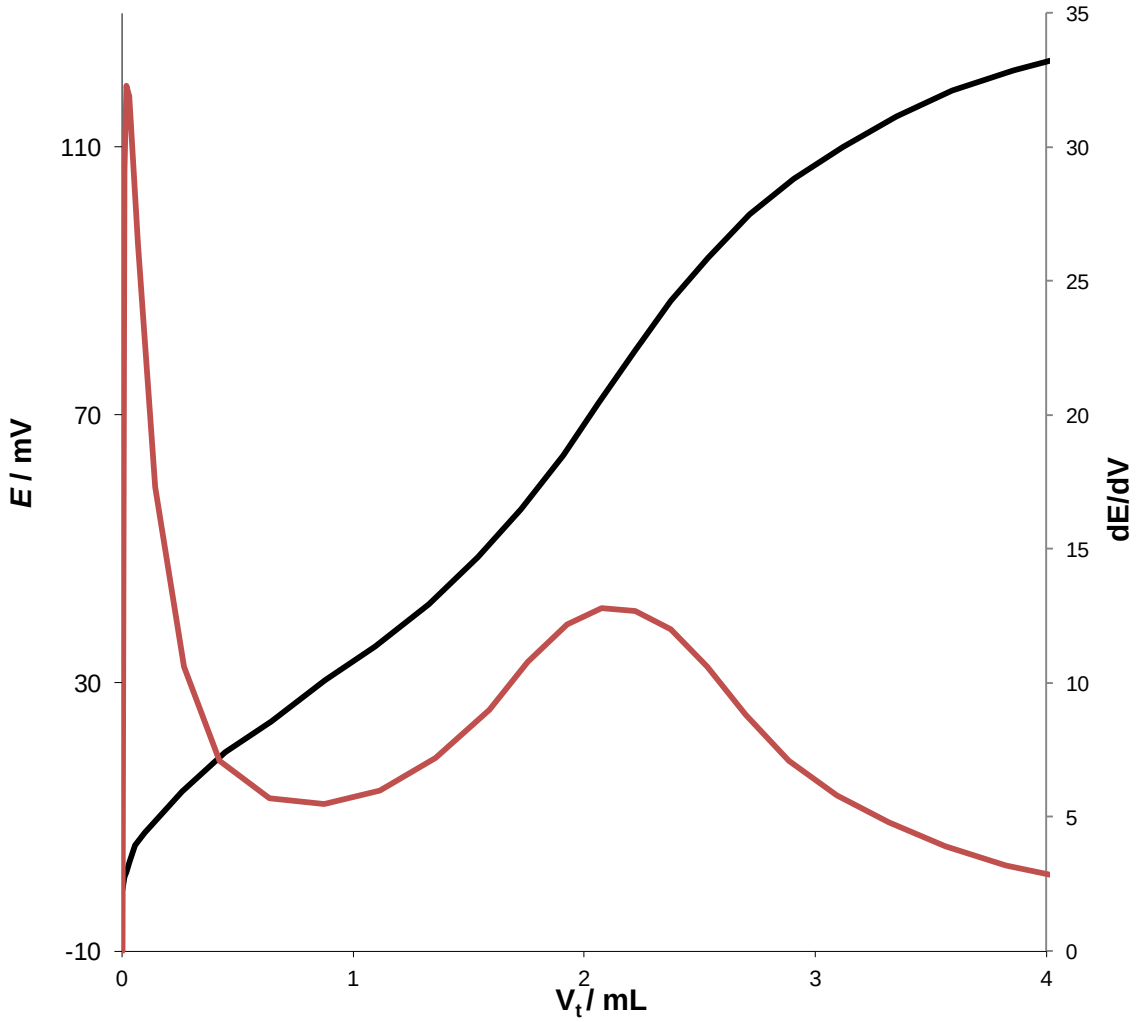
Slika 6. *Krivulja potenciometrijske titracije C_{12} s CPC koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3 i njena prva derivacija*

U drugoj skupini mjerenja kao analit je korištena otopina 4 mL natrijevog dodekansulfonata (C_{12}), koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3 i 21 mL vode. Tiracijska krivulja prikazana je na slici 7.



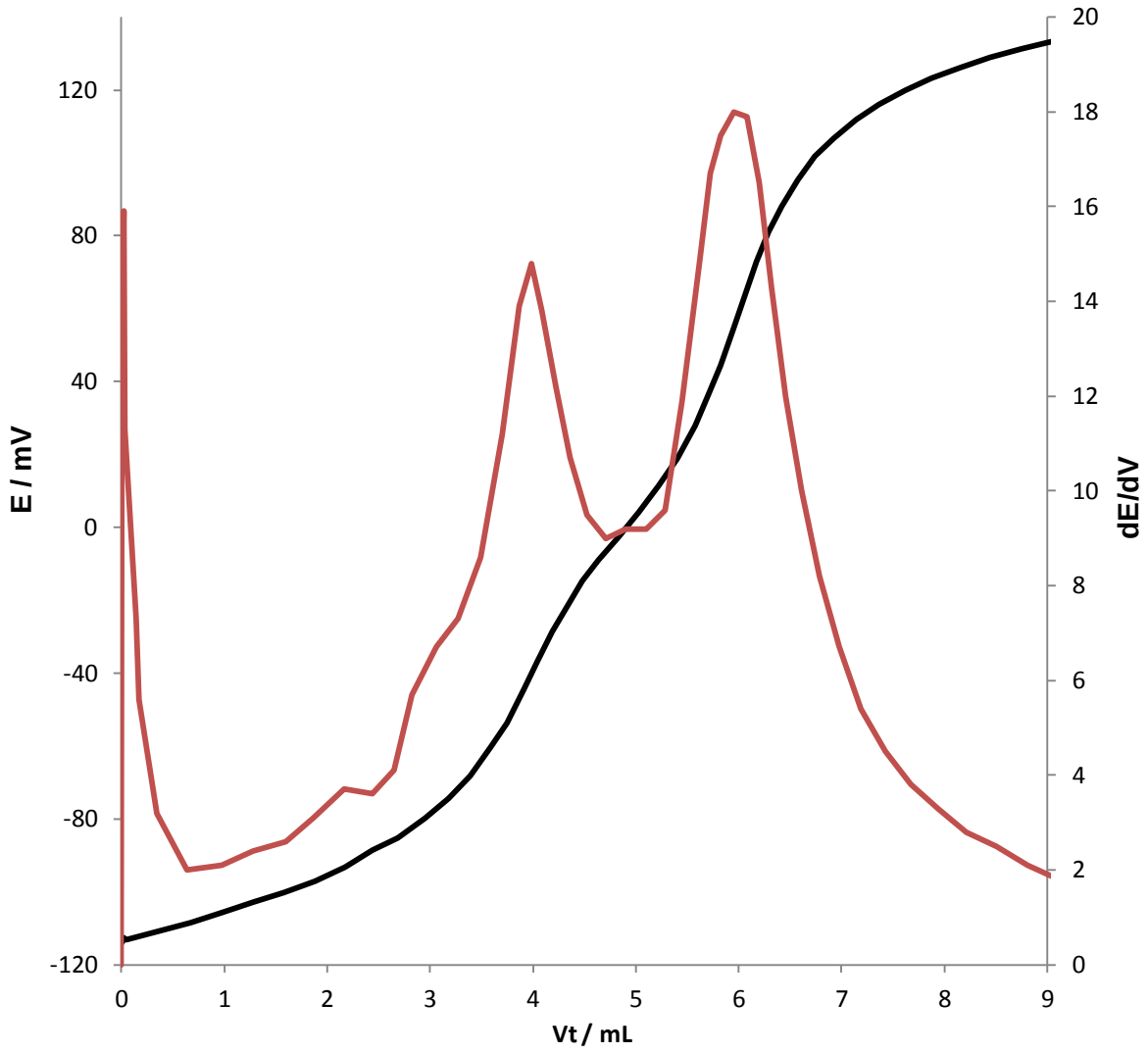
Slika 7. *Krivulja potenciometrijske titracije C_{12} s CPC koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3 i njena prva derivacija*

U trećoj skupini mjerenja kao analit koristio se natrijev dekansulfonat (C_{10}), koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3, volumena 2 mL pomiješan s 23 mL vode. Titracijska krivulja prikazana je na slici 8.



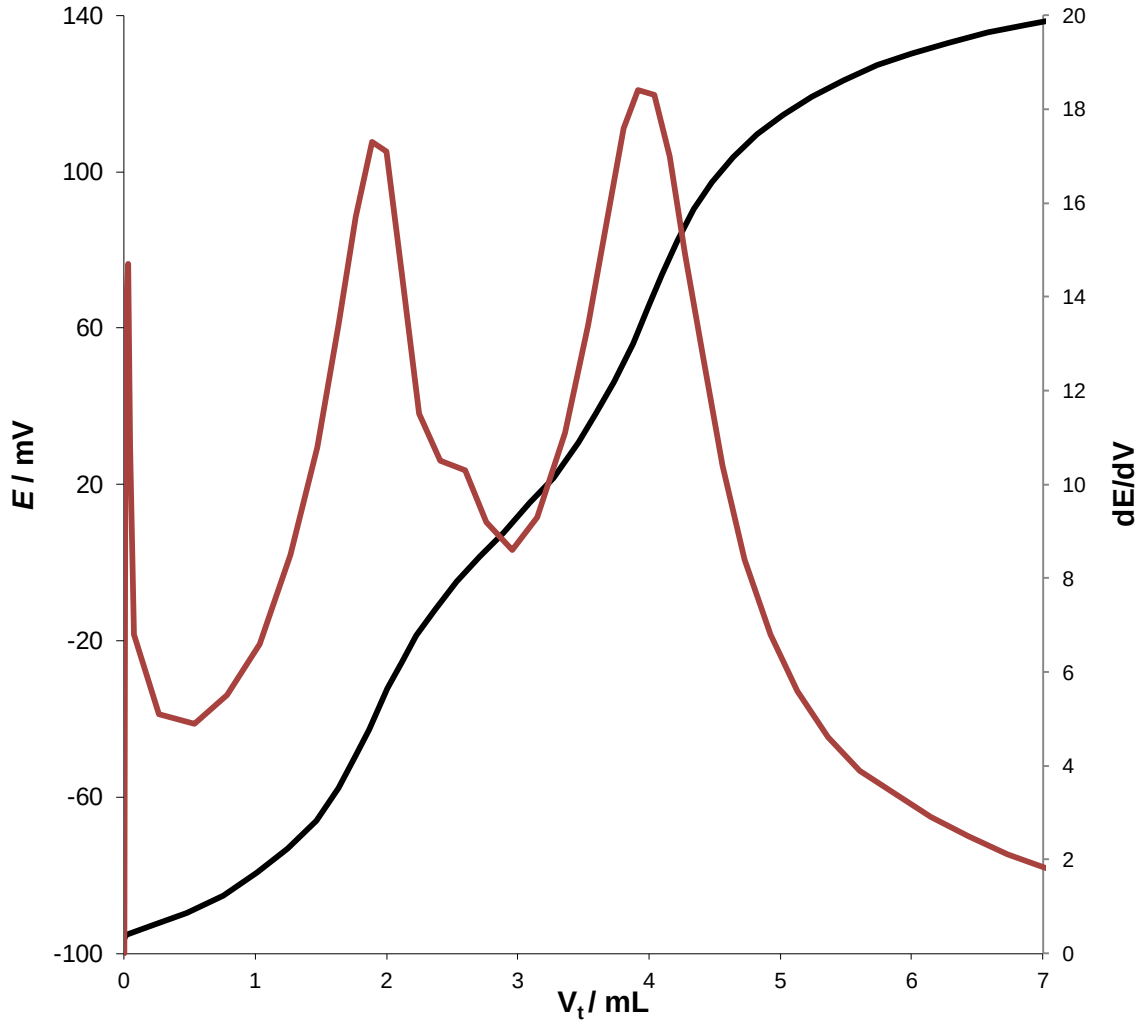
Slika 8. *Krivulja potenciometrijske titracije C_{10} s CPC koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3 i njena prva derivacija*

Nakon titracija pojedinačnih anionskih tenzida određene su dvokomponentne smjese tenzida. Prvu smjesu analita činilo je 4 mL natrijevog dodekansulfonata (C_{12}) koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3, 2 mL natrijevog dekansulfonata (C_{10}), koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3 i 19 mL vode (Slika 9).



Slika 9. *Krivulja potenciometrijske titracije smjese C_{10} i C_{12} s CPC koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3 i njena prva derivacija*

Druga smjesa sastojala se od je 2 mL natrijevog dodekansulfonata (C_{12}) koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3, 2 mL natrijevog dekansulfonata (C_{10}), koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3 i 21 mL vode. Titracijska krivulja prikazana je na slici 10.



Slika 10. *Krivulja potenciometrijske titracije smjese C_{10} i C_{12} s CPC koncentracije $1x10^{-3}$ mol/dm^3 i njena prva derivacija*

Rezultati određivanja dvokomponentnih smjesa alkansulfonata metodom potenciometrijske titracije koristeći senzor temeljen na DDA-TPB i česticama ugljika prikazani se u tablici 1 za prvu smjesu i u tablici 2 za drugu smjesu.

Tablica 1. Rezultati potenciometrijskog odrađivanja alkansulfonata u prvoj smjesi pomoću senzora temeljenog na DDA-TPB i česticama ugljika i CPC (c = $1x10^{-3}$ M) kao titranta.

Alkansulfonat	Dodano [mol]	Određeno [mol] ± RSD [%]	Iskorištenje [%]
C10	$2x10^{-6}$	$1.98x10^{-6}$ ± 0.8	99.0
C12	$4x10^{-6}$	$3.99x10^{-6}$ ± 0.7	99.8

Tablica 2. Rezultati potenciometrijskog odrađivanja alkansulfonata u drugoj smjesi pomoću senzora temeljenog na DDA-TPB i česticama ugljika i CPC (c = $1x10^{-3}$ M) kao titranta.

Alkansulfonat	Dodano [mol]	Određeno [mol] ± RSD [%]	Iskorištenje [%]
C10	$2x10^{-6}$	$2.09x10^{-6}$ ± 1.2	104.5
C12	$2x10^{-6}$	$1.93x10^{-6}$ ± 0.8	95.0

Iz rezultata je vidljivo da ispitivani senzor s prihvatljivom točnošću može odrediti smjesu dva alkansulfonata koji se međusobno razlikuju samo za dva C-atoma

4. Zaključak

Ovim eksperimetnom određivala se dvokomponentna smjesa anionskih tenzida. Pri određivanju korištena je tenzidno selektivna elektroda s tekućom membranom modificiranom česticama ugljika. Kao senzorski materijal korišten je DDA-TPB. Određivao se potencijal pri titracijama otopina pojedinačnih anionskih tenzida i smjese anionskih tenzida. Korišteni senzor se pokazao kao vrlo dobar i učinkovit pri diferencijalnom određivanju anionskih tenzida u smjesi. Ovim eksperimentom uspješno je određena smjesa dva alkansulfonata koji se razlikuju smo za 2 C-atoma u lancu. Titracijske krivulje prikazivale su ovisnost elektrodnog potencijala (E/mV) o volumenu titranta (V_t/mL). Na titracijskoj krivulji vide se dva dobro definirana skoka potencijala, a završne točke titracije jednostavno su određene koristeći krivulje prve derivacije.

5. Popis literature

1. R. J. Farn, *Chemistry and technology of surfactants*, Blackwell publishing, Oxford, 2006.

2.https://www.google.hr/search?q=molekula+tenzida&rlz=1C1GTPM_hrHR555HR555&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiGitKlsO7NAhWCvRQKHXETD8EQ_AUICCgB&biw=1366&bih=653#imgrc=0H5p9oJMIvcYMM%3A (12.07.2016)

3. M. Sak-Bosnar, *Odabrana poglavlja analitičke kemije,* http://kemija.unios.hr/nastava/nastavni_materijali/odabrana_poglavlja_analiticke%20kemije/ODABRANA_POGLAVLJA_ANALITICKE_KEMIJE.ppt (12.07. 2016.)

4.https://www.google.hr/search?q=molekula+tenzida&rlz=1C1GTPM_hrHR555HR555&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiGitKlsO7NAhWCvRQKHXETD8EQ_AUICCgB&biw=1366&bih=653#tbm=isch&q=micele&imgrc=1kLZyT3OF9kknM%3A (12.07.2016.)

5.https://www.google.hr/search?q=cilindri%C4%8Dne,+sferne+i+slojevite+micele&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=CI_4U53eBebjywOR6IKQBQ&ved=0CAYQ_AUoAQ&biw=1366&bih=643#q=hidrofilni+i+hidrofobni+dio+tenzida&tbm=isch&facrc=_&imgdii=HyBSUOwzySFpYM%3A%3BaV7RiRH-25BzuM%3BHyBSUOwzySFpYM%3A&imgrc=HyBSUOwzySFpYM%253A%3B6ttHx7SV4qr6IM%3Bhttp%253A%252F%252Fupload.wikimedia.org%252Fwikipedia%252Fcommons%252Fthumb%252F0%252F0d%252FMicelle.png%252F220px-Micelle.png%3Bhttp%253A%252F%252Fbs.wikipedia.org%252Fwiki%252FSurfaktant%3B220%3B179 (12.07.2016.)

6. D. Myers, *Surfactant science and technology*, Wiley & Sons, Interscience publication, New Jersey, 2006.

7. D. A. Skoog, D. M. West, F. J. Holler, Osnove analitičke kemije, Školska knjiga, Zagreb, 1999.

8. W. E. Morf, The principles of ion-selective electrodes and of membrane transport, Elsevier, New York, 1981.

9. A. Radu , T. Radu, C. McGraw, P. Dillingham, S. Anastazova-Ivanova, D. Diamon, Ion selective electodes in enviromental analysis, J. Srb. Chem. Soc. 78 (2013) 1729-1761.

10.https://www.google.hr/search?q=794+basic+titrino&rlz=1C1GTPM_hrHR555HR555&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi_hryZ8_XNAhVIVhoKHYWPBjwQ_AUICCgB&biw=1366&bih=653#imgrc=tvlMsgkq3bgv2M%3A (12.07.2016.)