

<http://doi.org/10.58225/sw.2024.1-57-62>

MİS KUPOROSUNUN SU İLƏ QARIŞIĞININ OPTİK XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

Hüseynov Hüseynağa İbrahim oğlu- f.r.e.d., dos., Metal və ərintilər fizikası ETL, AzMIU, huseynov.h.i@mail.ru

Abdullayev Adil Polad oğlu- f.r.e.d., prof., Fizika və kimya kafedrası, AzMIU, adilabdullayev@rambler.ru

Musazadə İmamhəsən Vəli oğlu- t.e.n, dos., böyük elmi işçi, Metal və ərintilər fizikası ETL, AzMIU, musazadeimamhesen@gmail.com

Xülasə. Bu işdə spektrofotometrik metodla mis kuporosunun (CuSO_4) suda məhlulunun optik sıxlığının dalğa uzunluğundan asılılığı və məhluldakı miqdarını təyin etmək metodu təhlil edilmişdir. Bu metod görünən oblastda maddədən keçən monoxromatik şüanın intensivliyinin analizinə əsaslanır. Müəyyən edilmişdir ki, qırmızı şüaların yaxın ətrafında (600 – 700 nm) optik sıxlığın kəskin artması müşahidə olunur. Bu intervalda mis kuporosunu suda məhlulunun optik sıxlığı onun miqdarı ilə düz mütənəsb olaraq artır.

Açar sözlər: spektrofotometrik metod, optik sıxlıq, udulma əmsalı, monoxromatik şüa

INVESTIGATION OF THE OPTICAL PROPERTIES OF A MIXTURE OF COPPER SUSPOSE WITH WATER

Huseynov Huseynagha Ibrahim- doctor of phy.sc., ass. prof., research laboratory of Physics of metals and alloys, AzUAC, huseynov.h.i@mail.ru

Abdullayev Adil Polad- doctor of phys.sc., prof., department of Physics and chemistry, AzUAC, adilabdullayev@rambler.ru

Musazade Imamhasan Vali –PhD in tech.sc., ass.prof., senior researcher, research laboratory of Physics of metals and alloys, AzUAC, musazadeimamhesen@gmail.com

Abstract. In this study, the wavelength dependence of the optical density of copper sulfate (CuSO_4) solution in water and the method of determining its amount in the solution were analyzed by the spectrophotoscopic method. This method is based on the analysis of the intensity of a monochromatic beam passing through matter in the visible region. It was determined that a sharp increase in optical density is observed in the vicinity of red rays (600-700 nm). In this interval, the optical density of the solution of copper sulfate in water increases in direct proportion to its amount.

Keywords: spectrophotoscopic method, optical density, absorption coefficient, monochromatic beam

Giriş. Maye qarışıqlarının bir sıra parametrlərini tapmaq üçün optik şüalanmanın xüsusiyyətlərindən istifadə etmək əlverişlidir. Belə ki, işığın mühitdə udulması və əks olunması mühitin xarakteristikalarından asılıdır. İşığın udulmasına əsaslanan üsullardan ən geniş yayılanı və dəqiqliyinə görə müsbət mənada fərqlənəni spektrofotometrik üsuldur. Bu üsul müxtəlif elm sahələrinə: məsələn fizika, astronomiya, materialşünaslıq, kimya, biokimya kimi sahələrə, o cümlədən sənayenin müxtəlif istiqamətlərində, yarımkeçirici nazik təbəqələrin alınmasında, lazer texnikasında, optik xassəli cihazların istehsalında, məhkəmə-tibbi ekspertizada dərman maddələrinin istehsalında, çap sənayesində, kimyəvi maddələrin tədqiqində geniş istifadə olunur. Həmçinin spektrofotometrik üsul müşahidə olunan optik diapazonda dalğa uzunluğundan asılılığına görə optik sıxlığı təyin etməklə, hesablama apararaq, maddənin tərkibinə nəzarət etməyə imkan yaradır [1-4]. Bu sahədə tətbiq olunan digər cihazlardan fərqli olaraq spektrofotometrə buraxma zolağının spektral eninin olması, nümunənin udulmasının loqarifmik diapozonu və əksolunma faizinin ölçülməsinin mümkün olması ilə fərqlənir [3].

Mühitə işıq dalğası düşdükdə dalğanın elektrik vektorunun təsiri altında atom və molekulların elektronları müsbət yüklü nüvələrə nəzərən yerlərini dəyişərək düşən dalğanın tezliyinə bərabər tezliklə rəqsi hərəkət edirlər. Rəqs edən elektron işıq mənbəyinə çevrilərək ikinci dalğaları şüalandırır. Birinci və ikinci dalğaların interferensiyası nəticəsində düşən dalğanın amplitudundan fərqli amplitudlu işıq dalğası yaranır. Işığın intensivliyi amplitudun kvadratı ilə mütənəsb olduğundan yeni yaranmış işığın intensivliyi də düşən işıqdan fərqli olur. Başqa sözlə mühit tərəfindən udulan işığın hamısı şüalanmır, onun bir hissəsi udulur. Kvant nəzəriyyəsinə görə atom və molekullar kəsilməz yox, diskret enerji səviyyələrinə malikdirlər. Işığın mühitdə yayılması zamanı düşən enerjinin sistemin həyəcanlanmasına sərf olunur, digər bir hissəsi mühitdən çıxır. Ona görə də mühitdən çıxan işığın intensivliyi daxil olan işığın intensivliyindən kiçik olur. Ona görə də müəyyən təyin olunmuş dalğa uzunluğuna və ya enerjiyə malik işıq udur [4]. Təcrübə zamanı ölçmə dalğa uzunluğunun dar diapozonu olmadıqda baş verirsə, onda ümumi işıq selinin xarakteristikaları təyin olunur. Bu cür üsul kalorimetrik adlanır. Fotometrik halda dar optik diapozon seçilir və təyin olunmuş dalğa uzunluğunda ölçmə aparılır. Fotometrik analiz müxtəlif mürəkkəb maddələrin əsas komponentlərinin və obyektlərdə mikroaşqarları təyin etmək məqsədi ilə tətbiq olunur. Fotometrik üsul kalorimetrik üsula nisbətən müəyyən üstünlüklərə malikdir [2].

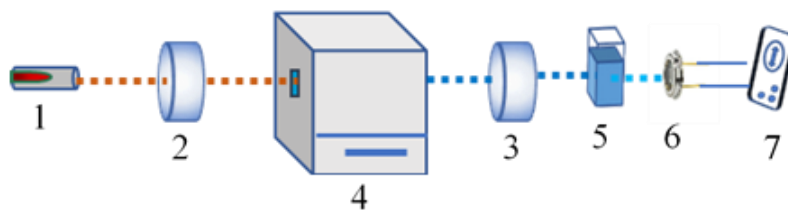
Spektrofotometrler keçən əsrin 40-cı illərindən artıq istifadə olunmaya başlamışdır və bu keçən müddətdə təkmilləşərək adi və ultrabənövşəyi diapozonda udulmanı ölçmək üçün ixtisaslaşmış həssas cihaza çevrilmişdir. Spektrofotometrler iki cür quruluşlu olur: bir şüalı və iki şüalı. İkişüalı spektrofotometrlərdə iki şüa dəstəsi göndərilir. Bunlardan biri etalon sayılan maddədən keçir, digəri ölçülən materialdan keçir. Birşüalı spektrofotometrlərdə nümunəyə daxil olan və oradan çıxan şüaların nisbi intensivliyi təyin edilir. Birşüalı spektrofotometr ikişüalıya nisbətən daha geniş dinamik diapozona malikdir, optik sadədir və kompaktdır [5]. Bitki yağlarından alınan metil efirindən bir çox sahələrdə, xüsusilə də enerji mənbələrini alışıdırmaq üçün geniş istifadə olunur. Porşenli dizel mühərriklərində, bitki yağı və efir qarışığından alternativ yanacaq kimi istifadə edilir. Bu qarışığın optimal faiz tərkibinin seçilməsi daxili yanma mühərriklərinin xüsusiyyətlərindən asılıdır. Buna görə də dizelli avtomobil və traktorların istismarı zamanı bu tərkibə nəzarət etmək lazım gəlir [6, 7].

Qarışığın nisbi tərkibini operativ ölçmək üçün spektrofotometrik metod ən optimal üsullardan biridir, belə ki, qarışığın hər iki komponenti, bitki yağı və efir qarışıqları parlaq rəngdədir. Praktiki tətbiq üçün isə ən sərfəli və dəqiq olanı spektrofotometrik metodla müxtəlif dalğa uzunluqlarında optik sıxlıqların təyin edilməsi və kalibrləşmə qrafikinə qurulmasıdır [8]. Bunun üçün ilk olaraq laboratoriya şəraitində məlum konsentrasiyalı qarışıq dəsti hazırlanır və onun optik sıxlığı ε təyin edilir. Bundan sonra təcrübə məlumatlarına əsasən $C = f(\varepsilon)$ kolibrləşmə qrafiki qurulur. Analiz edilən qarışığın kolibrləşmə qrafikindən və ya uyğun formuladan onun komponentlərinin konsentrasiyası tapılır. Spektrofotometrik metodla, xüsusi texnoloji mərhələdən keçən aralıq məhsulları, metil efirinin tərkibindəki metil spirti, qliserin və s. kimi qalıqların komponentlərini təyin etmək olar.

Laboratoriya tədqiqatlarında bir şüalı KFK-3 fotometrindən istifadə edilmişdir [8]. Bu cihazın köməyi ilə ε optik sıxlığı, β -şüaburaxma əmsalını ölçmək, həmçinin müəyyən aralıq hallarda nümunəni optik sıxlığını təyin etmək olar. Şüanın dalğa uzunluğu difraksiya qəfəsi vasitəsi ilə 315-990 nm intervalında tənzimlənir. Tədqiq olunan qarışığın komponentlərinin rənglərindən asılı olaraq cihazın göstərişinin həssaslığı və dayanıqlığı əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər. Belə ki, tədqiq olunan mayenin üzərinə yönəldilən şüanın rəngi qarışığın rənginə yaxınlaşır. Nə vaxt ki, cihazın göstərişi dayanıqsız olur, onda ölçü aparmaq çətinləşir. Buna görə də əvvəlcədən dalğa uzunluğu intervalı elə seçilir ki, cihazın göstərişinin dayanıqlığı digər paralel təcrübələrə nisbətən maksimum olsun və ε birqiymətli təyin edilsin. [6] işində fotometrik metodla aparılan təcrübədə dizel yanacağı ilə kolza yağından alınmış metil efi qarışığında istifadə edilmişdir. Cihazın ən böyük həssaslığı dalğa uzunluğunun $\lambda = 420 \pm 5 \text{ nm}$ qiymətində alınmışdır. Dalğa uzunluğunun $\lambda < 410 \text{ nm}$ qiymətində cihazın göstərişi qeyri dəqiq olur, $\lambda > 470 \text{ nm}$ qiymətində isə cihazın həssaslığı azalır, bu dalğa uzunluğunu tətbiq etmək qeyri dəqiq olur. Praktiki olaraq qarışıqda metil efirinin konsentasiyasını 5 – 35 % dəyişməklə kalibrləşmə qrafiki qurulmuşdur.

Anoloji təcrübə dizel yanacağı ilə kolza yağı qarışığı ilə aparılmışdır. Nəticədə kalibirləşmə qrafikinə qurulması üçün ən optimal dalğa uzunluğu $\lambda = 450 \pm 5 \text{ nm}$ qiymətində alınır. İndi təqdim olunan elmi iş birşüalı spektrofotometrə alınmış nəticələrin təhlilinə həsr olunur. Təcrübə üçün ikikomponentli maddənin (mis kuporosu) suda məhlulunun optik sıxlığı tapılmış və onun üzərinə düşən işığın dalğa uzunluğundan asılılığı araşdırılmışdır.

Tədqiqatın metodikası və təcrübi qurğu. Müxtəlif tərkibli məhlullar üzərinə monoxromatik işıq düşdükdə işığın bir hissəsi udulur, bir hissəsi buraxılır. Fotometrik üsulla düşən və buraxılan şüaların intensivlikləri qeyd olunur və analiz edilir. Məhlulun tərkibinə daxil olan kənar maddələr onun rənginə və eyni zamanda udulan və buraxılan şüaların intensivliklərinə təsir edir. Məhlulun tərkibindəki qarışığın konsentrasiyası ilə məhluldan keçən və udulan işığın intensivlikləri arasındakı münasibətləri təhlil edərək məhlulun tərkibindəki qarışığın konsentrasiyasını müəyyən etmək olar. Bu metodun tətbiqi əsasən Buqer-Lambert-Ber qanununa əsaslanır.



Şəkil 1. 1-ışıq mənbəyi; 2, 3-toplayıcı linzalar; 4-monoxromator; 5 – mis kuporosunun suda məhlulu; 6 – fotoqəbuledici; 7 – multimetr [6]

Buqer-Lambert-Ber qanununa görə buraxılan işığın intensivliyi aşağıdakı asılılıqla müəyyən olunur.

$I = I_0 e^{-kl}$ burada k udulma əmsalı adlanır, işığın dalğa uzunluğundan və məhlulun konsentrasiyasından asılıdır. l - maye mühitinin qalınlığıdır. k udma əmsalı qarışığın konsentrasiyası ilə mütənasibdir. $k = \varepsilon C$ burada c -qarışığın konsentrasiyasıdır. ε - dalğa uzunluğundan asılı olub ancaq konsentrasiyadan asılı olmayan sabitdir. k -nin bu qiymətini nəzərə alsaq.

$$I = I_0 e^{-\varepsilon cl} \quad \text{və ya} \quad \ln \frac{I_0}{I} = \varepsilon cl \quad \text{burada}$$

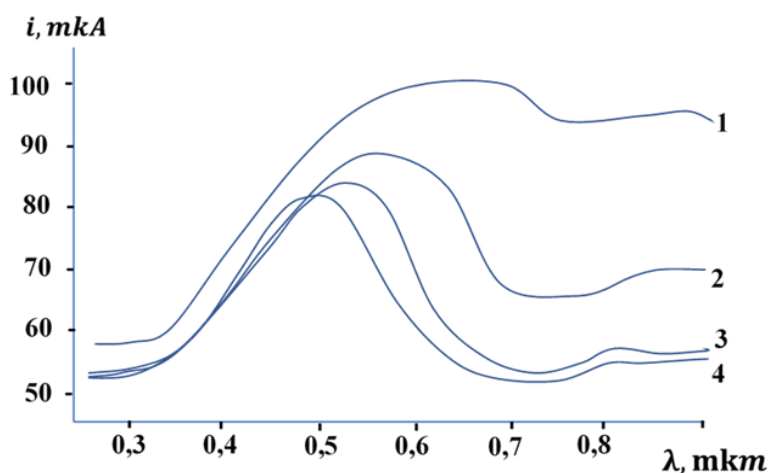
$$\delta = \ln \frac{I_0}{I} \quad \text{mühitin optik sıxlığı adlanır.}$$

Göründüyü kimi optik sıxlıq konsentrasiya ilə mütənasibdir: $\delta = \varepsilon cl$. Udulan və qarışıqdan keçən işığı ölçmək üçün istifadə olunan qurğunun sxemi şəkil 1-də verilmişdir. Işıq mənbəyindən çıxan işıq linza vasitəsi ilə fokuslanaraq monoxromatorun yarığına yönəldilir. Monoxromatorun daxilində yerləşdirilmiş difraksiya qəfəsini meyl etdirməklə istənilən dalğa uzunluqlu işıq dəstəsini almaq olur. Monoxromatordan çıxan monoxromatik işıq dəstəsi linza vasitəsi ilə içərisində məhlul olan şüşə qabın üzərinə fokuslandırılır. Məhlulda şüanın enerjisinin bir hissəsi udulur, bir hissəsi isə məhluldan çıxaraq fotoqəbuledicidə elektrik siqnalına çevrilir. Bu siqnal multimetr vasitəsi ilə qeyd edilir. Məhlulun üzərinə düşən işığın I_0 - intensivliyini boş şüşə qabdan keçən işıq siqnalı qeyd edilməklə təyin edilir.

Tədqiqatın nəticələri və onların müzakirəsi. Təcrübəni aparmaq üçün şüşə qabdakı məhlulun üzərinə 300 nm-dən 800 nm-ə qədər dalğa uzunluqlu monoxromatik işıq şüalarından istifadə edilir. Mis kuporosunun müxtəlif konsentrasiyalı məhlullarından keçən işığın fotodiodda yaratdığı cərəyan müxtəlif dalğa uzunluqlarında qeyd olunur. Şəkil 2-də multimetrdə qeyd olunan cərəyanın dalğa uzunluğundan asılılığı verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi görünən oblastda ən kiçik işıq siqnalları qırmızı oblasta düşür. 0,7 – 0,78 mkm dalğa uzunluğu oblastında cərəyan ən aşağı qiymətlər alır. Bu oblastda cərəyanın kiçik qiymətlər almasının səbəbi udulmanın yüksək olması və eyni zamanda məhluldan çıxan işığın intensivliyinin azalması ilə bağlıdır. Multimetrin üzərinə düşən işığın intensivliyi nə qədər az olarsa optik sıxlıq o qədər yüksək olur.

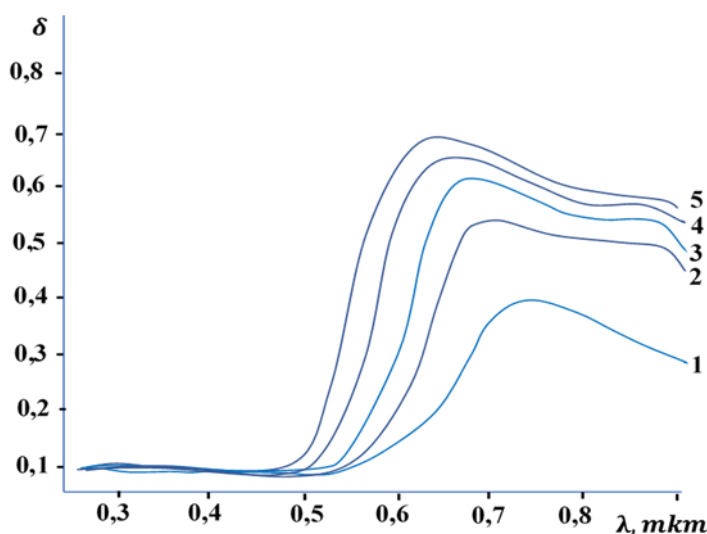
[2] -də qeyd olunur ki, qırmızı və infraqırmızı şüalar maddədən keçən zaman molekulların və ya onların birləşmələrinin rəqsi hərəkətini həyacanlandırır. Bu zaman nümunədən keçən şüanın

intensivliyinin azalması müşahidə olunur. Demək olar ki, udulma düşən işığın bütün spektri boyunca baş vermir, yalnız o dalğa uzunluğunda baş verir ki, enerjisi öyrənilən qarışıqın molekulunun rəqsinin həyacanlanma enerjisinə uyğun gəlsin.



Şəkil 2. Multimetrdə qeyd olunan cərəyanın dalğa uzunluğundan asılılığı.
1-saf su; CuSO₄-ün məhlulda faizlə miqdarı: 2 – 1,27%; 3 – 4,3% ; 4 – 8,7% [6]

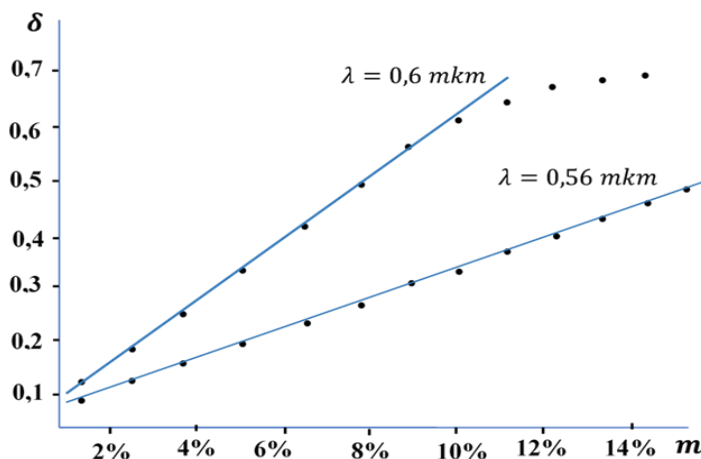
Şəkil 3-də qarışıqın optik sıxlığının dalğa uzunluqlarından asılılıqları verilmişdir. Göründüyü kimi 500 nm dalğa uzunluğuna qədər optik sıxlıq vahidə yaxındır.



Şəkil 3. Məhlulun optik sıxlığının dalğa uzunluğundan asılılığı
CuSO₄-ün məhlulun tərkibində faizlə miqdarı: 1-1.27%, 2-2.7%, 3-4.3%, 4-8.7%, 5-13.7% [6]

Mis kuporosu göy rəngdədir. Dalğa oblastının bu hissəsi də göy rəngə uyğun gəlir. Maddənin qarışıqda nisbi miqdarının artmasına baxmayaraq udulma çox çüzdür. Optik sıxlığın maksimumları dalğa uzunluğunun qırmızı oblastına düşür. Maddənin qarışıqda miqdarı artdıqca onun optik sıxlığı da artır və maksimumlar nisbətən kiçik dalğa oblastına doğru sürüşür. İnfraqırmızı oblastda optik sıxlığın çüzi azalması müşahidə olunur. Qafiklərdən göründüyü kimi işığın görünən spektrində heç də bütün spektr boyu Buqer-Lambert-Ber qanunu ödənilməyəcəkdir. Spektirin göy və ondan kiçik oblastda bu qanun ödənilmir

Şəkil 4-də dalğa uzunluğunun 0,6 mkm və 0,56 mkm qiymətlərində optik sıxlığın mis kuporosunun miqdarından asılılığı verilmişdir. Dalğa uzunluğunun 0,6 mkm qiymətlərində optik sıxlıq 0,56 mkm qiymətinə nisbətən daha yüksəkdir. Ancaq dalğa uzunluğunun 0,6 mkm qiymətində Buqer-Lambert-Ber qanunu qarışıqın çox da böyük olmayan sıxlıqlarında ödənilir. Mis kuporosu məhlulunun miqdarının 10%-ni təşkil edənə qədər bu asılılıq xətti xarakterdə olur. Sıxlığın daha böyük qiymətində isə xətti asılılıq ödənilir. Dalğa uzunluğunun 0,56 mkm qiymətində isə çox da böyük olmayan sıxlıqlar üçün Buqer-Lambert-Ber qanunu böyük dəqiqliklə ödənilir.



Şəkil 4. $\lambda = 0,56 - 0,6$ mkm dalğa uzunluqlarında mis kuporosunun suda məhlulunun optik sıxlığının maddənin məhluldakı faizlə miqdarından asılılığı [6]

Optik sıxlığın maddənin miqdarından xətti asılılığından istifadə edərək qarışıqdakı maddənin miqdarını təyin etmək olar. Bunun üçün əvvəlcədən qarışıqda maddənin miqdarını artırmaqla optik sıxlığın dalğa uzunluğundan asılılıq qrafikləri qurulur. Buqer-Lambert-Ber qanununun daha dəqiq ödənilməyi ən optimallı dalğa uzunluğunu tapıb, həmin dalğa uzunluğunda optik sıxlığın maddə miqdarından asılılıq qrafiki qurulur. Bu sınaq qrafikindən istifadə etməklə məhlulda miqdarı qeyri müəyyən olan mis kuporosunun həmin dalğa uzunluğunda optik sıxlığını təyin edib və standart qrafik ilə müqayisə etməklə onun məhluldakı miqdarını təyin etmək olar. Bu işdə deyilənləri nəzərə alaraq aşağıdakı nəticələri qeyd etmək olar:

1. Mis kuporosunu suda məhlulunun optik sıxlığının dalğa uzunluğundan asılılığında maksimumlar dalğa uzunluğunun qırmızı oblasına düşür. Dalğa uzunluğunun kiçik qiymətlərində optik sıxlıq demək olar ki, artmır.
2. Dalğa uzunluğunun qırmızı oblastında mis kuporosunun çox da böyük olmayan sıxlığında optik sıxlıq qarışıqın miqdarından xətti asılı olur. Dalğa uzunluğunun 0,56 mkm qiymətində Buqer-Lambert-Ber qanunu yüksək dəqiqliklə ödənilir.
3. Buqer-Lambert-Ber qanununun dəqiq ödənilməyi dalğa uzunluğuna uyğun optik sıxlığın maddə miqdarından asılılığının standart qrafikindən istifadə etməklə qarışıqdakı mis kuporosunun miqdarını təyin etmək olar.

Ədəbiyyat

1. Сивухин Д.В. Поглощения света и уширение спектральных линий. Общий курс физики. IV. Оптика. 2005. с.582-583
2. Гагарин А.П. Бугеро-Ламберта-Бера закон. Физическая энциклопедия: [в 5 т.]/Гл. ред. А.М. Прохоров-М.:Советская энциклопедия, Ааронова- Бома эффект- Длинные линии. 2018. с.707
3. Булатов М.И., Калинин И.П.. Практическое руководство по фотометрическим методом анализа: изд.5-е, перераб. Химия, 2016. с. 9-432

4. Золотль Ю.А. Некоторые аспекты истории аналитической химии. Вест. Моск. Ун-та. Сер. 2, Химия. т. 43, № 2. 2012. с. 116-118
5. Семенов А.Д., Евстифеев М.М., Гаврилко Ю.М. Методическое указания к практикуму Анализ объектов окружающей среды. Определение биогенных элементов в природных водах. Часть 4. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2001. с. 15
6. Мохов. Д.О., Ляшков В.И. Определение объемной концентрации растворов растительных масел и метиловых эфиров в дизтопливе фотокolorиметрическим методом ISSN 0136-5835. Вестник ТГТУ. Том 16. № 1. Transactions TSTU. 2010
7. Юльметова. Р.Ф., Буряк И.В., Волосова А.С., Алексеева М.Е., Шульгина Ю.В. Физико-химические методы и приборы экоаналитических исследований: Учеб.-метод. пособие /СПб.: Университет ИТМО, 2016. с. 75
8. Лысенко А.В. Фотометрические методы анализа: методические указания по выполнению практических работ. Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Курск, 2016, с. 22-25

References

1. Sivuhin D.V. Pogloshcheniya sveta i ushirenie spektral'nyh linij. Obshchij kurs fiziki. IV. Optika. 2005. s. 582-583
2. Gagarin A.P. Bugero-Lamberta-Bera zakon. Fizicheskaya enciklopediya: [v 5 t.]/Gl. red. A.M. Prohorov-M.: Sovetskaya enciklopediya, Aaronova- Boma effekt- Dlinnye linii. 2018. s. 707
3. Bulatov M.I., Kalinkin I.P.. Prakticheskoe rukovodstvo po fotometricheskim metodom analiza: izd. 5-e, pererab. Himiya, 2016. s. 9-432
4. Zolotlv Yu.A. Nekotorye aspekty istorii analiticheskoy himii. Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 2, Himiya. t. 43, № 2. 2012. s. 116-118
5. Semenov A.D., Evstifeev M.M., Gavrilko Yu.M. Metodicheskoe ukazaniya k praktikumu Analiz ob'ektov okruzhayushchej sredy. Opredelenie biogennyh elementov v prirodnyh vodah. Chast' 4. Rostov-na-Donu: Izd-vo RGU, 2001. s. 15
6. Mohov. D.O., Lyashkov V.I. Opredelenie ob'emnoj koncentracii rastvorov rastitel'nyh masel i metilovyh efirov v diztoplive fotokolorimetriceskim metodom ISSN 0136-5835. Vestnik TGTU. Tom 16. № 1. Transactions TSTU. 2010
7. Yul'metova. R.F., Buryak I.V., Volosova A.S., Alekseeva M.E., Shul'gina Yu.V. Fiziko-himicheskie metody i pribory ekoanaliticheskikh issledovaniy: Ucheb.-metod. posobie /Spb.: Universitet ITMO, 2016. s. 75
8. Lysenko A.V. Fotometricheskie metody analiza: metodicheskie ukazaniya po vypolneniyu prakticheskikh rabot. Yugo-Zap. gos. un-t; sost. Kursk, 2016, s. 22-25

Məqaləyə istinad: Hüseynov H.İ., Abdullayev A.P., Musazadə İ.V. Mis kuporosunun su ilə qarışığının optik xassələrinin tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 57-62, N1, 2024
For citation: Huseynov H.I., Abdullayev A.P., Musazade I.V. Investigation of the optical properties of a mixture of copper suspose with water. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC. p.57-62, N1, 2024

Redaksiyaya daxil olma/Received 01.09.2023

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 01.12.2023