

С.Ж.Кулманова 

Аға оқытушы

М.Х.Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті,

Тараз қ., Қазақстан

kulmanovasamal8@gmail.com

ДИСПЕРСТІ ОРТАЛАРДЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Аңдатпа. Зерттеу мақсаты - дисперсті орталардың оптикалық қасиеттерінің бірі жарықтың шашырауын зерттеу. Коллоидты бөлшектер мен макромолекулалардың мөлшерін, пішінін және концентрациясын анықтаудың бірқатар оптикалық әдістері Тиндаль әсеріне негізделген. Коллоидты ертінді арқылы өтетін жарық сәулесі шашырау нәтижесінде көрінеді, шашыраудың бұл түрі опалесценция деп аталды. Ғылыми жаңалық магниттік және гидродинамикалық өрістерге ұшыраған кезде магниттік коллоидтарда пайда болатын оптикалық әсерлер туралы жаңа деректер алынды. Магнит өрісімен басқарылатын бейтарап жарық сүзгілерін жасау үшін кіші бұрыштық дифракциялық шашырауының белгіленген заңдылықтарын қолдануға болады. Мақалада мәселені шешу үшін тәжірибе жолымен алынған күкірттің коллоидты ертіндісі үшін жарықтың шашырау интенсивтілігін Дж.У.Релей немесе Клаузиус теңдеулерінің сәйкестігі мен қателіктері анықталды.

Тірек сөздер: дисперсті орта, жарықтың шашырауы, коллоиды ертінді, опалесценция, интенсивтілік.

Кіріспе. Дисперсті жүйелердің оптикалық қасиеттері дисперсті фазаның бөлшектері мен нақты энергияға ие электромагниттік сәулелердің өзара әсеріне негізделген. Дисперсті жүйелердің оптикалық қасиеттерінің ерекшеліктері бөлшектердің өлшемдерімен, электромагниттік сәуле шығару толқын ұзындығы мен бөлшектердің өлшемдерінің қатынасымен анықталады. Осындай оптикалық қасиеттерінің бірі жарықтың шашырауы[1].

Қазіргі таңда оптикалық зерттеу әдістері коллоидтық бөлшектердің құрылымын, өлшемдерін және пішінін анықтауды кеңінен таралған болып табылады. Бұл зерттеу әдісінің ыңғайлылығымен және жылдамдығымен,

сонымен қатар, алынатын нәтижелердің нақтылығымен анықталады.

Ортаның біртектілігін бұзып жарықты шашырату қабілетіне тек қана бөлшектер ғана емес макромолекулалар мен молекулалар ассоциаттары ие. Шашырау жарықтың бағытын өзгерту арқылы іске асырылады, коллоидты ертінді арқылы өтетін жарық сәулесі шашырау нәтижесінде көрінеді (Тиндаль құбылысы – 1 сур.)[2].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Жиі кездесетін ультрамикроскопия, электронды микроскопия, нефелометрия және турбидиметрия әдістері болып табылады.

Ультрамикроскопия әдісі. Бұл әдіс қарапайым оптикалық микроскопта жарықтың

шашырауын бақылауға негізделген, Р.Зигмонди мен Г.Зидентопф құрастырған ультрамикроскоп арқылы жүзеге асырылады. Қарусыз көзбен көруге болатын тұтас опалесценция жекелеген бөлшектердің жарқырауы кезінде мүмкін болады. Кез келген жарқырау – жарық толқынының әр түрлі бұрышпен шашырауын микроскопиялық тіркеу мүмкін. Жарықтың шашырауын бақылау арқылы бөлшектердің орташа өлшемін анықтауға және олардың пішіндері туралы мағлұмат алуға болады.

Электрондық микроскопия әдісі. Электронды микроскопта жарық сәулесінің орынына толқын ұзындықтар 0,02-0,05А аралығындағы электрондардың шоғыры қолданылады. Бұл рұқсат етілген мүмкіндігін күрт арттырады және коллоидты бөлшектерді суретке түсіруге және көруге мүмкіндік береді.

Нефелометрия әдісі. Коллоидты ертінің белгілі бір көлемімен V шашыраған жарықтың интенсивтілігі шашырайтын бөлшектердің жалпы санына пропорционал $c \cdot V$. Концентрацияны анықтайтын әдіс осы заңдылыққа негізделген және нефелометрия деп аталады. Нефелометр құрылғысында айнымалы көлемнің екі V_1, V_2 кюветі болады. Олардың біреуіне концентрациясы белгілі ертінді құйылады, ал екіншісіне концентрациясы белгісіз ертінді орналастырылады.

Жүйенің жарық шашырауының интенсивтілігін анықтай отырып, дисперсті фазаның концентрациясын немесе бөлшек өлшемін анықтауға болады. Нефелометрия негізінде Рэлей теңдеуі жатыр, жарықтың шашырауының бірдей шарттарын қабылдайды: $\theta, \lambda, n, n_0, R - const$

$$I_p = I_0 k \cdot v \cdot V^2 \text{ немесе}$$

$$I_p = I_0 k \cdot c \cdot V$$

яғни, дисперсті жүйенің концентрациясын, бөлшектің көлемін, бөлшектің диаметрін анықтауға мүмкіндік береді.

Яғни, тұрақты көлемде

$$\frac{I_{p1}}{I_{p2}} = \frac{c_1}{c_2}$$

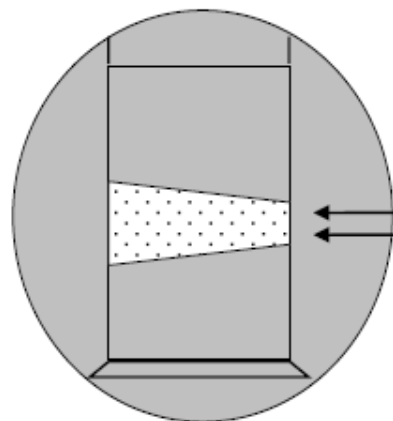
тұрақты концентрацияда

$$\frac{I_{p1}}{I_{p2}} = \frac{v_1 \cdot V_1^2}{v_2 \cdot V_2^2} = \frac{d_1^3}{d_2^3} = \frac{l_1}{l_2}$$

мұндағы l –жарық өтетін қабаттың қалыңдығы.

Рэлей теңдеуінің қолданылуын дәлелдеу үшін жоғарыдағы теңдікті дәлелдеу керек.

Тиндальдың теориялық құбылысы Дж.У.Рэлеймен негізделді. Ол электр тогын өткізбейтін және жарықты жұтпайтын сфералық бөлшектер үшін шашырайтын жарықтың интенсивтілігін I_p түсетін жарықтың интенсивтілігімен I_0 байланыстыратын теңдеу қорытып шығарды:



Сурет 1. Тиндаль құбылысының иллюстрациясы

$$I_p = 9\pi I_0 \left(\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2} \right) \frac{vV^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \theta) \quad (1)$$

мұндағы v – бірлік көлемдегі бөлшектер саны, V – дисперсті бөлшектердің көлемі, I_0 – түсетін жарықтың интенсивтілігі, R – бөлшекке дейінгі ара қашықтық, n_0 – ортаның көрсеткіші, n_1 – бөлшектер, θ –жарықтың түсу бұрышы, λ –түсетін жарықтың толқын ұзындығы.

Немесе

$$I_p = \frac{k}{\lambda^4} (2)$$

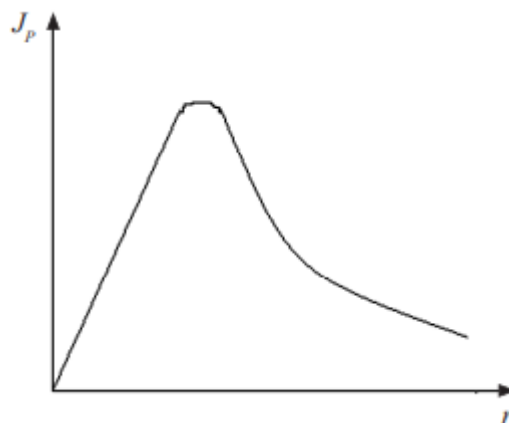
Шашырайтын жарық интенсивтілігінің I_p әртүрлі параметрлерге тәуелділігін қарастырамыз:

1. Рэлей теңдеуінен көріп отырғанымыздай, шашырайтын жарықтың интенсивтілігі түсетін жарықтың интенсивтілігіне пропорционал ($I_p \sim I_0$).

2. I_p шамасы сыну көрсеткіштерінің ($n_1 - n_0$) айырмашылығы артқанда кенеттен өседі. Күл (зола) үшін дисперсті фаза мен дисперсті ортаның сыну көрсеткіштерінің айырмашылығы үлкен болғандықтан, олардың жарықты шашыратуы да үлкен.

3. Жарықтың шашырау интенсивтілігі бөлшектердің салмақтық концентрациясына пропорционал. Бұл заңдылықты дисперсті фазаның концентрациясын анықтау үшін қолдануға болады.

4. I_p шамасы бөлшектердің көлемінің квадратына пропорционал V^2 , ол бөлшектердің өлшемін анықтау үшін қажет. Дегенмен, бұл сызықтық тәуелділік тек қана өлшемдері кіші облыстарда ғана сақталады. Бөлшектердің өлшемдерін жарық толқынының ұзындығымен сәйкес немесе артық өлшемдерге арттырса, жарықтың шашырауы шағылуға өтетді де шашырау интенсивтілігі кемиді (2-сурет). Сондықтан, жарықтың шашырау интенсивтілігінің коллоидтық бөлшектердің өлшемдеріне тәуелділігі максимумға тең.



Сурет 2. Шашыраған жарық интенсивтілігінің коллоидтық бөлшектер радиусына тәуелділігі

Рэлей бойынша шашырауға тек бастапқы бөлік қана сәйкес келеді. Бұл теңдеуді қолдану облысы төмендегі шартпен шектеледі:

$$2\pi r / \lambda < 0.3$$

Спектрдің көзге көрінетін бөлігі үшін бұл шарт r шамасы $(2 - 4) \cdot 10^{-6}$ см.

Осылайша, жарық спектрінің көрінерлік бөлігіндегі жарық шашырауының максимумы жүйенің коллоидтық деңгейінің дисперстілігіне сәйкес келеді. Сондықтан, коллоидтық күйді анықтау үшін ең тиімді әдістердің бірі опалесценцияны бақылау болып табылады.

5. Жарықтың шашырау интенсивтілігі λ^4 кері пропорционал. Бұл ақ түс өткен кезде спектрдің көк және күлгін бөлігінде қысқа толқындар шашырау керек дегенді көрсетеді. Яғни, қысқа толқынды жарық көбірек шашырайды, аспанның көгілдін түсін көрсетеді. Күлгін түстің шашырау интенсивтілігі қызыл түстің шашырау интенсивтілігін шамамен 16 есе үлкен, ал толқын ұзындығы 2 есе кем.

Күрделі дисперсті жүйелер үшін жарықтың шашырау интенсивтілігі толқын ұзындығынан қатты тәуелді емес. Бұл жағдайда, $I_p = \frac{1}{\lambda^x}$, мұндағы x — кіші өлшемдегі бөлшектер үшін 4-0 аралығында өзгереді.

Клаузиус теңдеуі бойынша

$$I_p = \frac{k}{\lambda^2} \quad (3)$$

Жоғарыда көрсетілген екі теңдеудің қайсысы экспериментке сәйкес келетінін анықтау үшін тұрақты шаманы есептеп, қателікті табу керек. Қай жерде қателік аз болатын болса, сол теңдеу эксперименттік мәліметтерді нақты сипаттайды.

Жарықтың шашырауына тек қана жоғары дисперсті бөлшектер ғана емес, молекулалар ассоциаттары, макромолекулалар және ортаның біртектілігін бұзатын басқа да қосылыстар әсер етеді.

Зерттеу нәтижелері. Бұл жұмыста күкірттің коллоидты ертіндісінің 1% үшін жарықтың шашырауы бойынша алынған тәжірибелік мәндерге Рэлей мен Клаузиус теңдеулерінің қайсысы нақты сәйкес келетіні қарастырылды.

λ , нм	574	566	532
I_p	50	60	72

Ол үшін алдымен Рэлей теңдеуі бойынша тұрақтыны тауып аламыз:

$$I_p = \frac{k}{\lambda^4} \text{ мұндағы } k = I_p \cdot \lambda^4$$

$$k_1 = 50 \cdot (574 \cdot 10^{-9})^4 = 5.43 \cdot 10^{-24}$$

$$k_2 = 60 \cdot (566 \cdot 10^{-9})^4 = 6.13 \cdot 10^{-24}$$

$$k_3 = 72 \cdot (532 \cdot 10^{-9})^4 = 5.77 \cdot 10^{-24}$$

$$k_{\text{ор}} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} = \frac{5.43 \cdot 10^{-24} + 6.13 \cdot 10^{-24} + 5.77 \cdot 10^{-24}}{3} = 5.78 \cdot 10^{-24}$$

Берілген теңдеу бойынша қателікті есептейміз:

$$\Delta = \frac{k_{\text{үлкен}} - k_{\text{кіші}}}{k_{\text{орташа}}} \cdot 100\% = \frac{(6.13 - 5.43) \cdot 10^{-24}}{5.78 \cdot 10^{-24}} \cdot 100\%$$

Енді жоғарыдағы тұрақтыны Клаузиус теңдеуі бойынша анықтаймыз:

$$I_p = \frac{k}{\lambda^2} \quad \text{мұндағы}$$

$$k = I_p \cdot \lambda^2$$

$$k_1 = 50 \cdot (574 \cdot 10^{-9})^2 = 1.64 \cdot 10^{-11}$$

$$k_2 = 60 \cdot (566 \cdot 10^{-9})^2 = 1.92 \cdot 10^{-11}$$

$$k_3 = 72 \cdot (532 \cdot 10^{-9})^2 = 2.02 \cdot 10^{-11}$$

$$k_{\text{ор}} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} = \frac{1.64 \cdot 10^{-11} + 1.92 \cdot 10^{-11} + 2.02 \cdot 10^{-11}}{3} = 1.87 \cdot 10^{-11}$$

Клаузиус теңдеуі бойынша қателікті есептейміз:

$$\Delta = \frac{k_{\text{үлкен}} - k_{\text{кіші}}}{k_{\text{орташа}}} \cdot 100\% = \frac{(2.02 - 1.64) \cdot 10^{-11}}{1.87 \cdot 10^{-11}} \cdot 100\% = 21.4\%$$

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Алынған шешім бойынша келесі қортындыны жасауға болады. Тәжірибеде алынған күкірттің коллоидты ертіндісі үшін жарықтың шашырау интенсивтілігіне Дж.У.Рэлей немесе Клаузиус теңдеулерінің сәйкестігі мен қателіктері анықталды. Дж.У.Рэлей теңдеуі арқылы табылған k тұрақтысының орташа мәні $5.78 \cdot 10^{-24}$, қателігі 12% құрады, ал Клаузиустеңдеуі арқылы табылған k тұрақтысының орташа мәні $1.87 \cdot 10^{-11}$, қателігі $1.87 \cdot 10^{-11}$ болды, қай жерде қателік аз болатын болса, сол теңдеу эксперименттік мәліметтерді нақты сипаттайды, сәйкесінше, Дж.У.Рэлей теңдеуі арқылы табылған мән нақты сәйкес келеді.

Қорытынды. Қазіргі таңда коллоидтық бөлшектердің құрылымы мен пішінін, өлшемдерін анықтау үшін зерттеудің оптикалық әдістері кеңінен қолданылады. Бұл әдістің нақтылығымен, ыңғайлы және жылдамдығымен түсіндіріледі.

Дисперсті фазалық бөлшектердің қасиеттеріне және олардың өлшемдеріне байланысты жүйе арқылы өтетін жарық жұтылуы, шағылысуы немесе шашырауы мүмкін. Жарықтың дисперсті жүйеге әсер етуінің салдары геометриялық оптика заңдарымен анықталады.

Бөлшектердің өлшемдері (a) жарықтың толқын ұзындығынан (λ) әлдеқайда аз болса,

дисперсті жүйелер жарықтың шашырауына қабілетті.

Шашырау жарықтың бағытын өзгертумен бірге жүретін және заттың дұрыс емес жарқырауы ретінде көрінетін заттың жарықты түрлендіруінен тұрады.

Әдебиеттер тізімі:

1. Громаков, Н.С. Дисперсные системы и их свойства: учебник для вузов [Текст] / Н.С.Громаков. – Казань: изд. Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2015. – С. 17-32.
2. Беляев, А. П. Физическая и коллоидная химия [Текст]/ А.П. Беляев, В.И. Кучук, К.И. Евстратова и др. // Под ред. А. П. Беляева - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. –С. 204 – 212.
3. Кругляков, П.М., Физическая и коллоидная химия[Текст] / П.М. Кругляков // Учебное пособие для вузов– 2005. – С. 36 – 48.

С.Ж.Кулманова - Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

Аннотация. Целью исследования является изучение рассеяния света, одного из оптических свойств дисперсных сред. Ряд оптических методов определения размера, формы и концентрации коллоидных частиц и макромолекул основан на эффекте Тиндаля. Луч света, проходящий через коллоидный раствор, виден в результате рассеяния, этот тип рассеяния получил название опалесценции. Научное открытие получены новые данные об оптических эффектах, возникающих на магнитных коллоидах при воздействии магнитных и гидродинамических полей. Для создания нейтральных световых фильтров, управляемых магнитным полем, можно использовать установленные модели дифракционного рассеяния с малым углом. В статье определены соответствие и погрешности уравнений Дж.У. Релей или Клаузиуса интенсивности рассеяния света для коллоидного раствора серы, полученного экспериментальным путем для решения задачи.

Ключевые слова: дисперсная среда, рассеяние света, коллоид, опалесценция, интенсивность.

S. Kulmanova - M.Kh.Dulaty Regional University of Taraz, Taraz, Kazakhstan

OPTICAL PROPERTIES OF DISPERSED MEDIA

Annotation. The aim of the study is to study light scattering, one of the optical properties of dispersed media. A number of optical methods for determining the size, shape and concentration of colloidal particles and macromolecules are based on the Tyndall effect. A ray of light passing through a colloidal solution is visible as a result of scattering, this type of scattering is called opalescence. Scientific discovery new data on optical effects occurring on magnetic colloids under the influence of magnetic and hydrodynamic fields have been obtained. To create neutral light filters controlled by a magnetic field, it is possible to use established diffraction scattering models with a small angle. The article defines the correspondence and errors of the J.W. Rayleigh or Clausius equations of light scattering intensity for a collide sulfur solution obtained experimentally to solve the problem.

Keywords: dispersed medium, light scattering, colloid, opalescence, intensity.

References:

1. Gromakov, N.S. Dispersnye sistemy i ih svoystva: uchebnyk dlya vuzov [Dispersed systems and their properties: textbook for universities] [Text] / N.S. Gromakov. – Kazan: ed. Kazan: Publishing house of Kazan State Architect.- builds. unita, 2015. – P. 17-32. [in Russian]
2. Belyaev, A. P. Fizicheskaya i kolloidnaya himiya [Physical and colloidal chemistry] [Text] / A.P. Belyaev, V.I. Kuchuk, K.I. Evstratova et al. // Edited by A. P. Belyaev - Moscow: GEOTAR-Media, 2010. – P. 204-212. [in Russian]
3. Kruglyakov, P.M., Fizicheskaya i kolloidnaya himiya [Physical and colloidal chemistry] [Text] / P.M. Kruglyakov // Textbook for universities – 2005. – P. 36-48. [in Russian]

Мақалаға сілтеме: *Кулманова, С.Ж. Дисперсті орталардың оптикалық қасиеттері [Мәтін] / С.Ж. Кулманова // Dulary University Хабаршысы. – 2024. - №1. – Б. 254-259. <https://doi.org/10.55956/RNAK4098>*