

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра загальної фізики і фізики теплоенергетичних та хімічних процесів

(повна назва кафедри)

## Дипломна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Дослідження дзета-потенціалів нанофлюїдів методами динамічного розсіяння світла»

«Research of nanofluids dzeta potentials using dynamic light scattering methods»

Виконав: студент денної форми навчання  
спеціальність 104 - Фізика та астрономія  
Розізнаний Михайло Віталійович

Керівник д.ф.-м.н., проф. Гоцунський В.Я. \_\_\_\_\_

Рецензент к.ф.-м.н., доц. Сушко М.Я.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ 5 від 10.12.2019 р.

Захищено на засіданні ЕК №\_\_

протокол № \_\_ від \_\_.\_\_.2019 р.

Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Гоцунський В.Я.  
(підпис)

Голова ЕК

\_\_\_\_\_ Шевчук В.Г.  
(підпис)

Одеса – 2019

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
I. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ. ФІЗИКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ПРОЦЕСІВ.....	4
1.1 Особливості складу нанофлюїдів.....	4
1.2 Методи дослідження дисперсних середовищ.....	6
1.2.1 Динамічне розсіяння світла.....	6
1.2.2 Лазерна доплерівська анемометрія.....	8
1.2.3 Дзета-потенціал.....	11
1.2.4 Вимірювання дзета-потенціалу частинок.....	13
Постановка задачі.....	18
II. МОДЕЛЮВАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ФУНКЦІЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ТА ЗВОРОТНЬОЇ ЗАДАЧІ.....	19
2.1. Моделювання кореляційної функції при визначенні дзета- потенціалу.....	19
2.2. Реалізація зворотної задачі при визначенні дзета- потенціалу.....	21
III. ВИМІРИ ДОПЛЕРІВСЬКИХ СИГНАЛІВ ТА ЇХ ОБРОБКА.....	23
3.1 Приготування зразків.....	23
3.2 Збір установки.....	19
3.3 Отримані результати.....	23
ВИСНОВКИ.....	28
ЛІТЕРАТУРА.....	29

## ВСТУП

Теорії подвійного електричного шару широко використовуються для інтерпретації поверхневих явищ. Однак не існує прямих методів вимірювання потенціалів на кордоні адсорбційного шару. Для кількісного визначення величини електричного заряду в подвійному електричному шарі широко використовується дзета-потенціал. Дзета-потенціал не дорівнює адсорбційному потенціалу або поверхневому потенціалу в подвійному електричному шарі. Проте, дзета-потенціал часто є єдиним доступним способом для оцінки властивостей подвійного електричного шару. Знання дзета-потенціалу важливо в багатьох областях виробничої та дослідницької діяльності.

**Актуальність.** Важливість дзета-потенціалу полягає в тому, що його значення може бути пов'язано зі стійкістю колоїдних дисперсій. Дзета-потенціал визначає ступінь і характер взаємодії між частинками дисперсної системи.

Для молекул і частинок, які досить малі, високий дзета-потенціал буде означати стабільність, тобто розчин або дисперсія будуть стійкі по відношенню до агрегації.

Коли дзета-потенціал низький, тяжіння перевищує відштовхування, і стійкість дисперсії буде порушуватися. Так, колоїди з високим дзета-потенціалом є електрично стабілізованими, в той час, як колоїди з низьким дзета-потенціалом схильні коагулювати або флокулювати.

**Метою роботи** є визначення швидкості електрофорезу у нанофлюїдах для вимірів дзета-потенціалів.

Для досягнення мети роботи необхідно розв'язати **такі задачі:**

- зібрати установку для проведення експерименту;
- провести виміри доплерівських сигналів методами динамічного розсіяння світла;

**Об'єкт дослідження** — розчин нанофлюїдів  $Al_2O_3$  в ізопропанолі.

## ВИСНОВКИ

При розв'язанні поставлених у роботі задач було показано, що:

1. З модельних кривих, що відповідають типовим експериментальним кореляційним функціям розсіяного світла, які можна представити, по меншій мірі, у двох видах, було взято оптимальний та простіший.
2. Розроблене програмне забезпечення для визначення параметрів гармонічної складової кореляційної функції для розрахунків електрофорезної швидкості частинок нанофлюїдів швидким Фур'є-перетворенням сигналу, дозволяє якісно визначити необхідні параметри нанофлюїду.
3. Для отримання якісної оцінки дзета-потенціалу добре підходять нанофлюїди, виготовлені за найпростішими технологіями.
4. Електрофоретична швидкість частинок наночастинок  $Al_2O_3$  розміром 38,9нм у ізопропанолі (масова концентрація 1%, при напрузі 219 В и відстанню між електродами 7 мм) становила 0,86 мм/с, що відповідає дзета-потенціалу  $5,58 \cdot 10^{-12}$  В; для наночастинок розміром 45,19нм – 0,43 мм/с, що відповідає дзета-потенціалу  $2,77 \cdot 10^{-12}$  В.

Необхідно визначити його температурну та концентраційну залежність для з'ясування параметрів стійкості нанофлюїдів та їх структурних особливостей при малих концентраціях.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Dynamic Light Scattering. Applications of Photon Correlation Spectroscopy [eds. R. Pecora]. – N.Y.: Plenum Press, 1985. – 420 p.
2. Cummins H. Z. Photon Correlation and Light Beating Spectroscopy / H. Z. Cummins [Eds H.Z.Cummins, E.R. Pike].- Plenum Press, New York, 1974. P. 285-330.
3. Pike E. R., Abbiss J. B. Light Scattering and Photon Correlation Spectroscopy // E. R. Pike, J. B. Abbiss. - Kluwer Academic Publishers, 1997
4. Ахманов С. А. Введение в статистическую радиофизику и оптику / С. А. Ахманов, Ю. Е. Дьяков, А. С. Чиркин. – М: Наука, 1981. – 640 с.
5. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: в 2 т. / Ж. Макс.– М.: Мир, 1983 - . – Т. 1: Основные принципы и классические методы. – 1983. - 312с
6. Спектроскопия оптического смешения и корреляция фотонов, под ред. Г. Камминса и Э. Р. Пайка. Наука, М., 1978
7. J. A. R. Griffith, G. Duxbury. Laser Heterodyne Spectroscopy, Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, Vol. 307, No. 1500, New Techniques in Optical and Infrared Spectroscopy (Nov. 12, 1982), pp. 563-571
8. Ринкевичус Б.С. Лазерная анемометрия — М.:Энергия, 1978. — 160с., ил.
9. Гоцульский В. Я., Чечко В. Е., Заремба В. Г. Коррелометр для случайных импульсных сигналов / В. Я. Гоцульский, В. Е. Чечко, В. Г. Заремба // ПТЭ.- 1997, № 2.- С.161-162
10. Лейкинд, Десильва. Широкополосный Коррелятор // Приборы для научных исследований – 1977 - №9.

11. Khanchych K.Y., Melnyk Y.A., Gotsulskiy V. Y. Peculiarities of the light scattering in dilute water-glucose solutions // Физика аэродисперсных систем. - 2014. - № 51. - С. 33-40.
12. Haruhisa Kato, Ayako Nakamura, Kayori Takahashi and Shinichi Kinugasa, Accurate Size and Size - Distribution Determination of Polystyrene Latex Nanoparticles in Aqueous Medium Using Dynamic Light Scattering and Asymmetrical Flow Field Flow Fractionation with Multi - Angle Light Scattering, Nanomaterials 2012 , 2 , 15 – 30
13. Ахманов С. А., Дьяков Ю. Е., Чиркин А. С. Введение в статистическую радиофизику и оптику / Ахманов С. А., Дьяков Ю. Е., Чиркин А. С.- М.: Наука, 1981.- 640 с.
14. Гоцунський В.Я., Чечко В.Є., Мельнік Ю.А. Природа розсіяння світла водними розчинами спиртів в околі їх особливих точок // Український Фізичний Журнал – 2015- №8. – С.
15. Nikulin A., Moita A.S., Moreira A.L.N., Murshed S.M.S., Huminic A., Grosu Y., Faik A., Nieto-Maestre J., Khliyeva O. Effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles on laminar, transient and turbulent flow of isopropyl alcohol // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019. Vol. 130. P. 1032-1044.
16. Перспективи застосування нанотехнологій у холодильній техніці. Частина 1. Теплофізичні властивості нанофлюїдів: монографія/В.П. Желєзний, Ю.В. Семенюк, О.Я. Хлієва, М.М. Лук'янов, А.Г. Нікулін, А.С. Нікуліна; Під ред. В. П. Желєзного. Одеса: Фенікс, 2019. 313 с. ISBN 978-966-428-414-3.
17. Zhelezny V., Khliyeva O., Motovoy I., Lukianov N. An experimental investigation and modelling of the thermal and caloric properties of nanofluids isopropyl alcohol - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles // Thermochimica Acta. 2019. Vol. 678. 178296.
18. Д. Беленький, Д. Балаханов, Е. Лесников. Определение дзета-потенциала. Краткий обзор основных методов // Журнал «Аналитика» - №3/2017(34) – 89 с.

19. Smoluchowski M. Handbuch der Electricitat und des Magnetismus. Vol. 2 [Handbook of electricity and magnetism] // Leipzig: Barth, 1921.
20. Lyklema J. Fundamentals of interface and colloid science // Academic Press. 1995. Vol. 2. P. 3–208.
21. Hunter R.J. Foundations of colloid science // Oxford: Oxford University Press, 1989.
22. Dukhin S.S., Derjaguin B.V. Electrokinetic Phenomena // New York, NY: Wiley, 1974.
23. Bikerman J.J. Electrokinetic equations and surface conductance: A survey of the diffuse double layer theory of colloidal solutions // Trans. Faraday Soc. 1940. Vol. 36. P. 154–160.
24. Maxwell J.C. Electricity and magnetism. Vol. 1 // Oxford: Clarendon Press, 1892.
25. Dukhin S.S., Shilov V.N. Dielectric phenomena and the double layer in dispersed systems and polyelectrolytes // NY: Wiley, 1974.
26. Dukhin S.S. Non-equilibrium electric surface phenomena // Adv. Colloid Interface Sci. 1993. Vol. 44. P. 1–134.
27. Dukhin S.S., Semenikhin N.M. Theory of Double layer polarization and its effect on the electrokinetic and electrooptical phenomena and the dielectric constant of dispersed systems // Kolloid. Zh. 1970. Vol. 32. P. 360–368.
28. Brien O.R.W. The solution of electrokinetic equations for colloidal particles with its double layers // J. Colloid Interface Sci. 1983. Vol. 92. P. 204–216.
29. ГОСТ 8.653.1–2016 (ISO 13099-1:2012) ГСИ . Методы определения дзета-потенциала. Часть 1. Электрокинетические методы.
30. Беленький Д.И. Методы и средства измерения дзета-потенциала // Альманах современной метрологии. 2016. № 6. С. 27–48.