

В.М. Воєвода, А.Г. Держипольський, Д.О. Меленевський

ТОВ «Новації», Київ

УНІКАЛЬНИЙ АНАЛІЗАТОР ZETASIZER NANO — 10 ФАКТОРІВ НАУКОВОГО УСПІХУ



Подано короткий огляд сучасного стану галузей науки, що займаються наноматеріалами, колоїдами та дисперсними системами. Особливу увагу приділено методам досліджень, застосовуваним у цих галузях. Розглянуто позицію і значення в науковому світі аналітичних приладів серії Zetasizer Nano від Malvern Instruments Ltd. Приведено основні фактори успішності Zetasizer Nano як дослідницького інструменту

Ключові слова: наночастинки, дзета-потенціал, колоїдні системи, мікрореологія, біомолекули, динамічне світлорозсіювання, молекулярна маса, Zetasizer Nano.

Останнім часом методи дослідження на основі динамічного світлорозсіювання набули надзвичайної популярності як у академічних, так і у промислових дослідницьких спільнотах. Завдяки вдосконаленню експериментальних методик стають доступними надзвичайно чутливі прилади для вимірювання все меншої кількості зразків і все менших розмірів частинок та молекул.

Інтерес до всього, що стосується «нано», зокрема до біомолекул, дав поштовх до розвитку такої міждисциплінарної галузі, як наука про колоїди, що поєднує певні напрямки в біофізиці, біохімії, структурній біології, фізичній хімії, хімічній фізиці, хімічній технології та ін. Свідченням широкого застосування методик динамічного світлорозсіювання є велика кількість публікацій з використанням даних, отриманих за допомогою приладів серії Zetasizer Nano на підтримку новітніх відкриттів. Окрім кількості самих публікацій варто також звернути увагу на кількість посилань на ці публікації. Станом на початок 2012 р. десять найкращих публікацій

[1–10], в яких були використані Zetasizer Nano, були процитовані 2863 рази, що свідчить про значущість та довіру до приладів серії Zetasizer Nano в міжнародній науковій спільноті.

То ж чому прилади Zetasizer Nano від Malvern Instruments здобули такої популярності та широкого застосування як для прикладних, так і для фундаментальних досліджень в найрізноманітніших галузях? Може тому, що це найбільш гнучкий та багатофункціональний інструмент для вирішення дослідницьких задач, що продовжує розвиватись і набувати нових якостей для задоволення актуальних потреб дослідників. У приладах серії Zetasizer Nano постійно запроваджуються нові компоненти та техніки вимірювання, зокрема такі, як вимірювання дзета-потенціалу поверхні та метод дифузійного бар'єра для покращення вимірювання дзета-потенціалу білкових зразків, а також методика для проведення мікрореологічних досліджень.

Прилади серії Zetasizer Nano — це багатофункціональні дослідницькі комплекси, до основних функцій яких входять:

✦ вимірювання розмірів нано- та мікрочастинок за допомогою динамічного світлорозсіювання;

- ✦ вимірювання дзета-потенціалу частинок за допомогою доплерівського електрофорезу;
- ✦ вимірювання молекулярної маси за допомогою статичного світлорозсіяння методом Дебая;
- ✦ контроль температури зразка.

На базі цих основних функцій із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення та вимірювальних аксесуарів прилад може виконувати цілий комплекс складних досліджень, таких, як дослідження стану дисперсної системи як функції часу, температури, рівня рН, провідності, концентрації присадок, розведення, вимірювання дзета-потенціалу поверхні, мікрореологічні дослідження, визначення індексу агрегації білкових систем і багато інших.

Назвемо 10 аргументів на користь Zetasizer Nano, що забезпечують його провідну позицію на ринку дослідницького обладнання.

1. Вимірювання дзета-потенціалу поверхні твердого тіла

Не так давно стало можливим виміряти дзета-потенціал поверхні твердого тіла за допомогою нової вимірювальної комірки для Zetasizer Nano. Це дає можливість дослідникам вивчати властивості поверхні матеріалу, а також процеси адсорбції та/або десорбції на цій поверхні. Результати таких вимірювань дають інформацію про покриття та граничний шар поверхні матеріалу. Таким чином, можна, наприклад, модифікувати хімічний склад основи та отримати результати про поверхневу активність ПАР або інших модифікаторів поверхні.

2. Дослідження білкових зразків новим методом дифузійного бар'єру із значно покращеними результатами та без порушення їх структури

Цей метод використовує стандартну каплярну комірку для вимірювання дзета-потенціалу. Комірка заповнюється буфером (тим же, в якому дисперговано зразок). Після цього невелика кількість (50 мкл) білка вводиться в нижню частину комірки. Таким чином білковий зразок ізолюється від поверхні електродів

шаром буферного розчину. Це і є техніка дифузійного бар'єру, що захищає зразок від неминучої денатурації при контакті з електродами.

3. Можливість проведення мікрореологічних досліджень

Техніка мікрореологічних досліджень використовує спостереження за допомогою динамічного світлорозсіяння за рухом зондових частинок, диспергованих у досліджуваному зразку для отримання інформації про його локальні та об'ємні реологічні властивості. За аналогією з механічними реометрами механічне напруження створюється в системі за рахунок руху зондових частинок, а деформація вимірюється по зміщенню тих же частинок.

Ця техніка має значні переваги при проведенні аналізу зразків з дуже малою в'язкістю або слабо структурованих комплексних рідин, оскільки вона дозволяє вимірювати в значно ширшому діапазоні частот і при значно менших напруженнях і деформаціях, ніж механічні реометри. Зокрема, можна отримувати інформацію про дуже швидкі механічні процеси в таких зразках. Крім того, для мікрореологічного аналізу потрібна дуже мала кількість зразка — від кількох мкл. Таким чином, можна досліджувати зразки, які просто не існують у великих кількостях, необхідних для механічних реометрів, або є надзвичайно дорогими (напр., білкові системи чи рідкі кристали).

4. Наявність спеціальних вимірювальних комірок для дуже концентрованих непрозорих зразків або зразків, наявних у дуже малій кількості, а також для неводних систем

Комірка для вимірювання дзета-потенціалу у висококонцентрованих зразках має палладієві електроди та дуже малий об'єм капіляра. Це дозволяє вимірювати зразки при такій високій концентрації та малій кількості, які не були доступні раніше. Поєднання параметрів цієї комірки дає змогу проводити вимірювання зразків з концентрацією до 40 %, потребуючи при цьому всього 150 мкл зразка.

Вимірювання електрофоретичної рухливості можна проводити і в неводних системах за

допомогою універсальної занурювальної комірки. Ця багатофункціональна комірка стійка до дії багатьох розчинників і може з однаковою ефективністю застосовуватися для вимірювання дзета-потенціалу як у водних, так і у неводних системах, в тому числі високо неполярних, таких, як гексан, гептан, толуол та ін.

5. Вимірювання дзета-потенціалу за допомогою запатентованого методу M3-PALS

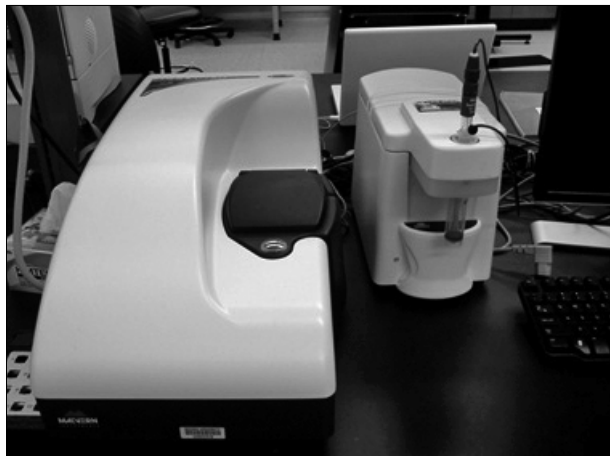
Метод M3-PALS пропонує на сьогодні найбільшу точність та чутливість при вимірюванні дзета-потенціалу. Його було винайдено та запатентовано Malvern Instruments для вимірювання з неперевершеною точністю в поєднанні з простотою застосування. Метод автоматично підбирає найменшу можливу напругу для мінімізації впливу електричного поля на зразок. Крім того, процедура вимірювання унікальним чином усуває електроосмотичний ефект і водночас дає змогу отримати не лише середнє значення, але й розподіл дзета-потенціалу.

6. Вимірювання розмірів методом динамічного світлорозсіювання

Прилади серії Zetasizer Nano можуть забезпечити вимірювання розмірів в діапазоні від 0,3 нм до 10 мкм (діаметр). При цьому діапазон доступних для вимірювання концентрацій зразків сягає від 0,1 ppm до 40 % в залежності від типу зразка. Параметри системи детектування автоматично оптимізуються програмним забезпеченням для отримання несуперечливих і надійних даних. Вбудована експертна система надає коментарі щодо якості отриманих даних, а також рекомендації щодо можливого покращення результатів.

7. Можливість характеристики молекулярної маси за допомогою статичного світлорозсіювання та методу Дебая

Прилад динамічного світлорозсіювання дозволяє також отримати дані статичного світлорозсіювання, які, в свою чергу, при застосуванні методу Дебая дають інформацію про середню молекулярну масу зразка. Програмне забезпечення автоматизує цей процес, надаючи опе-



Аналітичний комплекс Zetasizer Nano ZS з автотитратором MPT-2

ратору покрокові інструкції щодо проведення вимірювання молекулярної маси, а також забезпечує розрахунки за методом Дебая.

8. Техніка непроникаючого зворотного світлорозсіювання дозволяє використовувати широкий спектр кювет малого об'єму як багаторазових скляних або кварцових, так і одноразових

Великий вибір кювет для приладів динамічного світлорозсіювання дозволяє дослідникам мати більше свободи у своїх діях. Це, в свою чергу, дає можливість швидше отримувати результати, підвищує їх якість і забезпечує чистоту зразків і відсутність перехресного забруднення.

Кювети малого об'єму (від 12 мкл) для вимірювання розміру дозволяють надзвичайно економно використовувати цінні зразки, наявні в малій кількості. Також існує велика кількість одноразових та багаторазових кювет, придатних для вимірювання і розміру, і дзета-потенціалу. Таким чином, дослідники можуть вимірювати і дзета-потенціал, не переймаючись проблемою перехресного забруднення.

9. До системи може бути інтегрований автотитратор для автоматичного титрування по рН, провідності, концентрації присадок або ж розведенню зразка (рисунок)

Часто перед дослідником постає завдання порівняти вплив кількох матеріалів або ком-

понентів, що додаються до суміші в кінцевому продукті. При цьому іноді важливо провести детальне вивчення рецептури, а не лише провести вимірювання для однієї партії. Вимірювання розміру та/або дзета-потенціалу як функції *pH*, провідності чи концентрації присадок дає змогу проникнути в суть процесів стабілізації чи флокуляції диспергованих систем.

10. Останній (хоча не менш важливий фактор) — це неперевершена гнучкість і в той же час простота програмного забезпечення Zetasizer Nano

Програмне забезпечення Zetasizer Nano ідеально пристосоване для користувачів з різним рівнем професійної підготовки. Навіть новачки можуть дуже швидко і легко опанувати роботу з приладом. Установка програми на будь-який комп'ютер не вимагає жодних ліцензій. Разом з можливістю переносу файлів даних це дає можливість працювати з результатами вимірювань будь-де і будь-коли. Проводити вимірювання можна як у максимально автоматичному режимі із застосуванням заздалегідь створених сценаріїв і стандартних операційних процедур при повністю автоматичному виборі параметрів вимірювання, так і в максимально відкритому режимі із доступом до всіх параметрів і налаштувань. Отже, Zetasizer Nano — це надзвичайно потужний і функціональний дослідницький інструмент. Користування ним все ж може бути значно спрощене для менш досвідчених користувачів. Останню версію програмного забезпечення можна безкоштовно завантажити на сайтах Malvern Instruments www.malvern.com або www.malvern.ru.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Processable* aqueous dispersions of graphene nanosheets // D Li, MB Müller, S Gilje, RB Kaner, GG Wallace // *Nature Nanotechnology*. — 2008. — №3. — P. 101–105.
2. *PEG-modified* gold nanorods with a stealth character for in vivo applications // Takuro Niidome, Masato Yamagata, Yuri Okamoto, Yasuyuki Akiyama, Hironobu Takahashi, Takahito Kawano, Yoshiki Katayama, Yasuro Niidome // *J. of Controlled Release*. — 2006. — №114(3). — P. 343–347.
3. *Pulmonary* toxicity study in rats with three forms of ultrafine TiO₂ particles: differential responses related to surface properties // DB Warheit, TR Webb, KL Reed, S Frerichs, CM Sayes // *Toxicology*. — 2007. — № 230 (1). — P. 90–104.
4. *RNA Interference* in Vitro and in Vivo Using a Chitosan/siRNA Nanoparticle System // KA Howard, UL Rahbek, X Liu, CK Damgaard, SZ Glud, MØ Andersen, MB Hovgaard, A Schmitz, JR Nyengaard, F Besenbacher, J Kjems // *Molecular Therapy*. — 2006. — № 14. — P. 476–484.
5. *Assessing* toxicity of fine and nanoparticles: comparing in vitro measurements to in vivo pulmonary toxicity profiles // CM Sayes, KL Reed, DB Warheit // *Toxicological Sciences*. — 2007. — № 97(1). — P. 163–180.
6. *Preparation* and antibacterial activity of chitosan nanoparticles // L Qi, Z Xu, X Jiang, C Hu, X Zou // *Carbohydrate Research*. — 2004. — № 339(16). — P. 2693–2700.
7. *Characterization* of Nanomaterial Dispersion in Solution Prior to In Vitro Exposure Using Dynamic Light Scattering Technique // RC Murdock, L Braydich-Stolle, AM Schrand, J. Schlager and SM Hussain // *Toxicological Sciences*. — 2008. — № 101(2). — P. 239–253.
8. *pH-Responsive* copolymer assemblies for controlled release of doxorubicin // ER Gillies and JMJ Fréchet // *Bioconjugate Chemistry*. — 2005. — № 16(2). — P. 361–368.
9. *Development* of a base set of toxicity tests using ultrafine TiO₂ particles as a component of nanoparticle risk management // DB Warheit, RA Hoke, C Finlay, EM Donner, KL Reed, CM Sayes // *Toxicology Letters*. — 2007. — № 171(3). — P. 99–110.
10. *Preparation* and adsorption properties of monodisperse chitosan-bound Fe₃O₄ magnetic nanoparticles for removal of Cu (II) ions // YC Chang, DH Chen // *J. of Colloid and Interface Science*. — 2005. — № 283(2). — P. 446–451.

В.Н. Воевода, А.Г. Держитольский, Д.А. Мелневский

УНИКАЛЬНИЙ АНАЛИЗАТОР ZETASIZER NANO — 10 ФАКТОРОВ НАУЧНОГО УСПЕХА

Представлен обзор современного состояния областей науки, которые занимаются изучением наноматериалов, коллоидов и дисперсных систем. Особое внимание уделено методам исследований, применяемым в этих отраслях. Рассмотрены позиция и значение в научном мире аналитических приборов серии Zetasizer Nano от компании Malvern Instruments. Приведены основные факторы успешности Zetasizer Nano как исследовательского инструмента.

Ключевые слова: наночастицы, дзета-потенциал, коллоидные системы, микрореология, биомолекулы, динамическое светорассеяние, молекулярная масса, Zetasizer Nano.

V. Voyevoda, A. Derzhypolskyi, D. Melenevskyi

UNIQUE ANALYZER ZETASIZER NANO –
10 REASONS OF SCIENTIFIC SUCCESS

The panoramic overview of the current status of branches of science focused on nanomaterials, colloids and disperse systems is presented. Special attention is paid to research methods used in these fields. The actual role and importance

of Zetasizer Nano series analytical instruments from Malvern Instruments in scientific world are considered. Key reasons of Zetasizer Nano success as a research tool are given.

Key words: nanoparticles, zeta-potential, colloid systems, microrheology, biomolecules, dynamic light scattering, molecular weight, Zetasizer Nano.

Стаття надійшла до редакції 24.01.13

VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРИЙ»

15 по 17 октября 2013 года в Выставочном центре «КиевЭкспоПлаза» состоится масштабное мероприятие, которое охватывает все аспекты комплексного обеспечения лабораторий и лабораторного анализа во всех отраслях промышленности, научных исследованиях и медицине — VI Международный форум «Комплексное обеспечение лабораторий».

Организаторы Форума: Национальная академия наук Украины и Компания LMT.

Форум объединяет:

- + LABForum — комплекс актуальных научно-деловых мероприятий для специалистов лабораторного рынка: конференции, семинары, круглые столы по вопросам развития, оснащения и переоснащения лабораторий, внедрение инновационных разработок во всех отраслях промышленности.
- + LABZone — зона мастер-классов и презентаций, где каждый специалист может получить возможность протестировать оборудование и получить квалифицированную консультацию от профессионалов.
- + LABInnovation — презентация новейшего оборудования и приборов, инновационных разработок и проектов, используемых для лабораторных исследований. Также, организаторами Форума разработаны.
- + LABDEMO-ТУРЫ — специализированные технические экскурсии, в программу которых входят презентации оборудования всемирно известных торговых марок для проведения всех типов лабораторных исследований и носят обучающий характер. В ходе экскурсии можно ознакомиться с современными технологиями и возможностями их практического применения, протестировать предложенное оборудование и получить консультации от квалифицированных специалистов.
- + LABComplex — 6-я Международная специализированная выставка комплексного обеспечения лабораторий.

На выставке будут представлены новейшие комплексные решения для лабораторий; аналитическое лабораторное оборудование; лабораторная мебель, посуда, расходные материалы; реагенты, индикаторы, реактивы и многое другое.

По вопросам участия в выставке

LABComplex

Тел.: +380 (44) 526-94-87

E-mail: lab@lmt.kiev.ua

По вопросам участия в научно-практической и деловой программе:

Тел.: +380 (44) 526-90-10

E-mail: marketing@lmt.kiev.ua

www.labcomplex.com