Pomiary wielkości i stężenia nanocząstek

Bartosz Bartosewicz1\*, Malwina Liszewska1, Bogusław Budner1, Łukasz Gutowski1, Aleksandra Figat1, Bartłomiej Jankiewicz1,

# 1Instytut Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

\*autor korespondencyjny: bartosz.bartosewicz@wat.edu.pl

 Rozwój metod pomiaru wielkości i stężenia nanocząstek ma kluczowe znaczenie zarówno w przemysłowym zastosowaniu nanomateriałów, jak i opracowania solidnych procedur badawczych monitorujących ich obecność w organizmach żywych i środowisku. Z metrologicznego punktu widzenia, w ramach Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO) opracowano normy dotyczące szeregu metod umożliwiających pomiar stężenia i wielkości nanocząstek obejmujących m.in: małokątowe rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego (SAXS), dynamiczne rozpraszanie światła (DLS), odśrodkową sedymentację w cieczy (CLS), spektrometrię mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-MS), analizę śledzenia cząstek (PTA), czy rezystancyjne pomiary impulsowe (RPS) [1-6]. Wiele z tych norm dotyczy głównie pomiaru wielkości i rozkładu wielkości cząstek. Pomiar stężenia cząstek wciąż wydaje się problematyczny, o czym świadczy m.in. ograniczona dostępność certyfikowanych materiałów odniesienia, które są niezbędne do kalibracji niektórych przyrządów pomiarowych.

 Niniejsza praca dotyczy podstaw teoretycznych oraz porównania wybranych metod pomiarów wielkości i stężenia nanocząstek, dostępnych w Laboratorium Nanotechnologii Instytutu Optoelektroniki WAT [7,8]. Przedstawiono ponadto wyniki międzynarodowych międzylaboratoryjnych badań porównawczych dotyczących pomiarów stężenia koloidalnych nanocząstek złota, które były prowadzone w ramach projektu pn. „Versailles on Advanced Materials and Standards” (VAMAS) [9]. Uzyskane wyniki powtarzalności i odtwarzalności oraz opracowane procedury preparatyki i badania próbek złota koloidalnego dostarczyły ważnych informacji, które powinny zostać wzięte pod uwagę przy wyborze i walidacji metod pomiaru wielkości i stężenia nanocząstek.

1. ISO 17867:2020 Particle size analysis - Small angle X-ray scattering (SAXS).
2. ISO 22412:2017 Particle size analysis - Dynamic light scattering (DLS).
3. ISO 13318-2:2007 Determination of particle size distribution by centrifugal liquid sedimentation methods—Part 2: Photocentrifuge method.
4. ISO TS 19590:2017 Nanotechnologies - Size distribution and concentration of inorganic nanoparticles in aqueous media via single particle inductively coupled plasma mass spectrometry.
5. ISO 19430:2016 Particle size analysis - Particle tracking analysis (PTA) method.
6. ISO WD 13319-2 Determination of particle size distribution - Electrical sensing zone method - Part 2: Tuneable resistive pulse sensing method.
7. B. Bartosewicz et al., Effect of citrate substitution by various α-hydroxycarboxylate anions on properties of gold nanoparticles synthesized by Turkevich method, Colloid Surface A, 2018, 549, 25-33.
8. B. Bartosewicz et al., Synthesis and characterization of noble metal–titania core–shell nanostructures with tunable shell thickness, Beilstein J Nanotech, 2017, 8, 2083-2093.
9. C. Minelli et al., Versailles project on advanced materials and standards (VAMAS) interlaboratory study on measuring the number concentration of colloidal gold nanoparticles, Nanoscale, 2022, 14, 4690-4704.