

UDC 620.22  
LBC Ч481.211я7

*Published by the decision of the Editorial Review Board  
of the Kazan National Research Technological University*

*Reviewers:*  
*Doctor of Chemistry, Professor L. Zakharova*  
*PhD in Philology, Associate Professor G. Safiullina*

**Bezrukov A.**

Research Methods for Smart Materials : tutorial / A. Bezrukov, Yu. Galyametdinov; The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Kazan National Research Technological University. – Kazan : KNRTU Press, 2018. – 84 p.

ISBN 978-5-7882-2515-9

The main research methods for study and characterization of smart materials (as objects of interest for modern advanced research activities) are discussed in this tutorial. Various characterization methods are considered, such as dynamic light scattering, nuclear magnetic resonance, atomic force microscopy, X-ray diffraction, electron microscopy, and etc. The primary target audience of this tutorial are Master's students majoring in the following areas of study: 18.04.01 "Chemical Engineering", 28.04.02 "Nanoengineering", and 22.04.01 "Materials Science and Technology".

This tutorial was developed at the Department of Physical and Colloidal Chemistry.

**UDC 620.22**  
**LBC Ч481.211я7**

*This tutorial was developed with the support of Potanin Foundation Grant for Master's program teaching faculty, Agreement # ГСГК-25/18.*

ISBN 978-5-7882-2515-9    © Bezrukov A., Galyametdinov Yu., 2018  
© Kazan National Research Technological University, 2018

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время набирает популярность концепция так называемых «умных материалов» или «smart materials». Термин «smart» все более интенсивно применяется не только к технологическим процессам и устройствам, но и к различным материалам, а также объектам молекулярного и надмолекулярного уровней, определяющих свойства таких материалов в макромасштабе.

Ученые США, Германии, Великобритании, России и других стран описывают различные аспекты смарт-материалов и систем, их формирующих. Ввиду значительного многообразия объектов изучения, приводятся и обсуждаются примеры из самых различных областей – от электроники до медицины. Вместе в тем авторы дают сходное определение смарт-материалов как систем, способных изменять свои свойства под действием внешних факторов, таких как температура, давление, свет, а также pH и другие свойства среды. Это обуславливает применение умных материалов в качестве различных сенсоров, актуаторов, способных избирательно реагировать на внешние воздействия.

Данное пособие посвящено основным методам изучения и характеристики «умных материалов», таким как динамическое рассеяние света, ядерный магнитный резонанс, атомно-силовая микроскопия, рентгеновская дифракция, электронная микроскопия, малоугловое рентгеновское рассеяние и т.д.

В пособии рассмотрен ряд спектроскопических методов исследования, таких как фотонная корреляционная спектроскопия (динамическое светорассеяние), спектроскопия ядерного магнитного резонанса, масс-спектроскопия и т.д. Уделяется внимание различным методами микроскопических исследований, таким как электронная микроскопия. Рассматриваются методы изучения поверхности: атомная-силовая микроскопия, метод измерения краевого угла. Обсуждаются методы исследования свойств частиц в микрожидкостных каналах.

Пособие разработано при поддержке Благотворительного фонда Владимира Потанина в рамках гранта для преподавателей магистратуры. Основная идея данного проекта – разработка англоязычного модуля для магистерской программы «Физико-

химические особенности супрамолекулярно-организованных процессов и систем», включающего лекционные курсы и практические занятия с целью развития у студентов, обучающихся по данной программе, компетенций международного профессионального общения.

Пособие разработано как для русскоязычных магистрантов и аспирантов вузов естественно-научного профиля, так и для привлечения студентов из зарубежных стран для обучения в рамках международных образовательных программ.

Другая целевая аудитория данного пособия – студенты, изучающие английский язык, в рамках соответствующих дополнительных профессионально-ориентированных программ подготовки.