

**А. Б. ЩЕРБАКОВ**  
**В. К. ИВАНОВ**

**ПРАКТИКУМ**  
**ПО НАНОМАТЕРИАЛАМ**  
**И НАНОТЕХНОЛОГИЯМ**



**МОСКВА**  
**2019**

**А. Б. Щербаков, В. К. Иванов**

**ПРАКТИКУМ  
ПО НАНОМАТЕРИАЛАМ  
И НАНОТЕХНОЛОГИЯМ**



**Издательство Московского университета**

**2019**

УДК 542:539.2  
ББК 24.5+30.37  
Щ61

Щербаков А. Б., Иванов В. К.

Щ61 Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям / А. Б. Щербаков, В. К. Иванов. – М. : Издательство Московского университета, 2019. – 368 с.

В книге систематизированы и изложены в научно-популярной форме наиболее интересные, по мнению авторов, методики получения наноматериалов. Большинство методик полностью авторские, остальные скрупулёзно отобраны, тщательно проверены, частью усовершенствованы. Книга включает перечень рекомендуемых реактивов с указанием пиктограмм опасности СГС. Практикум рассчитан на несложную экспериментальную базу; детальный анализ полученных наноматериалов требует современного оборудования, что предполагает сотрудничество с соответствующей лабораторией вуза или научно-исследовательского института.

Для школьников старших классов и студентов, а также преподавателей химии и материаловедения.

ISBN 978-5-19-011353-2

УДК 542:539.2

ББК 24.5+30.37

Shcherbakov A. B., Ivanov V. K. A Practical Manual on Nanomaterials and Nanotechnologies. Moscow: Moscow University Press; 2019. 368 p.

The book gives clear instructions for performing practical nanotechnological experiments in the laboratory; it is an early attempt to gather together the most interesting (in the opinion of the authors) procedures for synthesizing nanomaterials. Most of the well-designed procedures are completely original, others are meticulously selected, carefully checked and improved. Recommended reagents are listed, and each chapter presents the GHS hazard pictograms corresponding to the reagents used. The manual uses simple experimental equipment, although detailed analysis of nanomaterials will require modern equipment, implying cooperation with the relevant laboratory of a university or a research institute.

For high school students and university students, for teachers of chemistry and materials science.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Зелёные наночастицы куркумина.....	6
2. Лабильные наночастицы (мицеллы) поверхностно-активных веществ.....	13
3. Холестерическое «кольцо настроения».....	20
4. Берлинская лазурь.....	26
5. Наночастицы серебра: синтез боргидридным методом.....	32
6. Наночастицы серебра: синтез сонохимическим методом в присутствии полиглюкана.....	37
7. Одномерные наночастицы серебра.....	42
8. Наноструктурированные плёнки серебра.....	49
9. Наночастицы серебра на ткани: терапия ран и... «наносеребряные» носки....	56
10. «Зелёное» красное нанозолото, или алхимия.....	62
11. Наночастицы золота как оптический сенсор.....	68
12. Сферические наночастицы золота контролируемого размера.....	76
13. Золотые нанозвёзды.....	86
14. Люминесцентные наночастицы золота.....	94
15. Углеродные люминесцентные наночастицы.....	100
16. Наночастицы сульфида меди.....	108
17. Разноцветные наночастицы оксида меди(I): квантово-размерный эффект....	113
18. Наночастицы $Fe_3O_4$ в водном растворе.....	118
19. Биосовместимые наночастицы $Fe_3O_4$ : полиольный синтез.....	125
20. Наночастицы элементарного селена.....	131
21. Квантовые точки селенида кадмия. Качественный метод.....	136
22. Квантовые точки селенида кадмия. Количественный метод.....	143
23. Квантовые точки оксида цинка.....	147
24. Люминесцентные наночастицы сульфида цинка, допированного марганцем....	154
25. Люминесцентные наночастицы фторида церия, допированного тербием....	159
26. Люминесцентные наночастицы ванадата иттрия, допированного европием....	165
27. Наночастицы диоксида церия, снабжённые люминесцентной меткой.....	172

28. Наночастицы диоксида церия – сенсор на активные формы кислорода .....	178
29. Наночастицы диоксида церия – защита от гидроксильного радикала.....	185
30. Наночастицы диоксида церия как УФ-фильтр в составе солнцезащитной косметики.....	190
31. Усиление/ослабление хемилюминесценции люминола наночастицами серебра и диоксида церия .....	196
32. Наноккомпозит золото-диоксид церия .....	201
33. Тест-полоски на антиоксиданты .....	206
34. Люминесцентные наночастицы фосфата церия, допированного тербием. Полиольный синтез.....	212
35. Наноккомпозит поливинилпирролидон-диоксид церия как аналог супероксиддисмутазы .....	220
36. Наноккомпозит полиакриловая кислота-диоксид церия как аналог фосфатазы .....	228
37. Синтез нанокристаллических твёрдых растворов $Ce_{1-x}R_xO_{2-\delta}$ (R = Eu, Nd, Gd) методом гомогенного гидролиза .....	235
38. Концентрированные золи диоксида церия, стабилизированные электростатически.....	239
39. Наночастицы сульфида висмута .....	248
40. Органо-неорганические гибридные наноматериалы.....	254
41. Наночастицы диоксида марганца.....	258
42. Псевдоморфозы и золи триоксида вольфрама .....	262
43. Фотохромный золь триоксида вольфрама .....	267
44. Наноккомпозит триоксид вольфрама-поливинилпирролидон-золото.....	274
45. Термохромное покрытие из наночастиц диоксида ванадия .....	278
46. Наночастицы диоксида кремния.....	284
47. Люминесцентные наночастицы диоксида кремния.....	290
48. Золотые наноболочки.....	296
49. Получение золотых наноболочек методом гальванопластики.....	302
50. Наночастицы йодида серебра .....	309
51. Многослойные микрокапсулы полиэлектролитов .....	316
52. Дендриты меди: наночастицы и фракталы .....	322
53. Нанотехнологии + цифровые технологии = лаборатория на листе.....	330
54. Твёрдые золи меди: рубин, гематинон, авантюрин.....	337
55. Структуры Лизеганга.....	345
Реактивы Sigma-Aldrich, рекомендуемые для синтезов .....	352
Расшифровка пиктограмм опасности СГС.....	365