# NANOZARRACHALAR VA NANOSTRUKTURALARNING SHAKLLANISH USULLARI VA NANOTEXNOLOGIYALAR

**Omonova Irodaxon Numonjon qizi**
Farg'ona davlat universiteti
Email: omonovairodaxon008@gmail.com
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20482705

**Annotatsiya**:
Ushbu ilmiy maqolada nanozarrachalar va nanostrukturalarning shakllanish (sintez) usullari chuqur tahlil etiladi. Maqolada top-down (yuqoridan pastga) va bottom-up (pastdan yuqoriga) yondashuvlar batafsil yoritiladi, ularning amaliy, metodologik va qiyosiy jihatlari ochib beriladi. Nanozarrachalarning tasnifi, xususiyatlari, xarakteristika usullari hamda nanotexnologiyalarning zamonaviy rivojlanishi va istiqbollari ko'rib chiqiladi. Top-down usullari (mexanik maydalash, litografiya, lazer ablyatsiyasi, sputtering) va bottom-up usullari (sol-gel, kimyoviy bug'lanish CVD, gidrotermal, yashil sintez, mikromulsiya) misollar bilan tahlil qilinadi. Maqola O'zbekiston sharoitida nanotexnologiyalarning qo'llanilishi va rivojlanish istiqbollarini ham qamrab oladi. Tadqiqot nanotexnologiya sohasidagi olimlar, muhandislar va talabalar uchun nazariy va amaliy ahamiyatga ega.
**Kalit so'zlar:** nanozarrachalar, nanostrukturalar, sintez usullari, top-down yondashuv, bottom-up yondashuv, nanotexnologiya, kvant nuqtalari, uglerod nanotrubalari, sol-gel usuli, yashil sintez.

**Аннотация:**
В данной научной статье подробно анализируются методы формирования наночастиц и наноструктур. Рассматриваются подходы top-down (сверху вниз) и bottom-up (снизу вверх), их практические, методологические и сравнительные аспекты. Дается классификация наночастиц, описываются их свойства, методы характеризации и современное развитие нанотехнологий. Подробно анализируются top-down методы (механическое измельчение, литография, лазерная абляция, распыление) и bottom-up методы (золь-гель, химическое осаждение из паровой фазы CVD, гидротермальный синтез, зеленый синтез, микроэмульсия) с примерами. Статья охватывает применение нанотехнологий в условиях Узбекистана и перспективы развития.
Исследование представляет теоретическую и практическую ценность для ученых, инженеров и студентов в области нанотехнологий.
**Ключевые слова:** наночастицы, наноструктуры, методы синтеза, подход top-down, подход bottom-up, нанотехнологии, квантовые точки, углеродные нанотрубки, золь-гель метод, зеленый синтез.

**Abstract:**
This scientific article provides a comprehensive analysis of the formation methods of nanoparticles and nanostructures. It examines top-down and bottom-up approaches in detail, along with their practical, methodological, and comparative aspects. The classification of nanoparticles, their properties, characterization techniques, and the modern development of nanotechnologies are discussed.
Top-down methods (mechanical milling, lithography, laser ablation, sputtering) and bottom-up methods (sol-gel, chemical vapor deposition CVD, hydrothermal synthesis, green synthesis, microemulsion) are analyzed with examples. The article also covers the application and development prospects of nanotechnologies in Uzbekistan. The study holds theoretical and practical significance for researchers, engineers, and students in the field of nanotechnology.
**Keywords:** nanoparticles, nanostructures, synthesis methods, top-down approach, bottom-up approach, nanotechnology, quantum dots, carbon nanotubes, sol-gel method, green synthesis.

## Kirish

Nanotexnologiya XXI asrning eng muhim va istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. U moddalarni atom va molekula darajasida boshqarish, yangi materiallar yaratish va ularning

xususiyatlarini tubdan o‘zgartirish imkonini beradi. 1959-yilda amerikalik fizik Richard Feynman “Pastda juda ko‘p joy bor” nomli mashhur nutqida atomlarni mexanik ravishda manipulyatsiya qilish imkoniyatini bashorat qilgan edi. 1974-yilda yapon olimi Norio Taniguchi “nanotexnologiya” atamasini kiritdi va uni bir necha nanometr o‘lchamdagi materiallarni qayta ishlash deb ta’rifladi.

1980-yillarda skanerlovchi tunnel mikroskopi (STM) va atom-kuch mikroskopining (AFM) ixtiro qilinishi bu sohani keskin rivojlantirdi.

Bugungi kunda nanozarrachalar (1–100 nm o‘lchamli) va nanostrukturalar (nanotrubalar, nanotelalar, nanoplitalar, kvant nuqtalari) tibbiyotda dori yetkazib berish, energetikada quyosh batareyalari va akkumulyatorlar, ekologiyada suv tozalash va katalizatorlar sifatida keng qo‘llanilmoqda. O‘zbekistonda ham nanotexnologiyalarga qiziqish ortib bormoqda – qishloq xo‘jaligida nano o‘g‘itlar, tibbiyotda diagnostika va sanoatda yangi materiallar yaratish yo‘nalishlarida tadqiqotlar olib borilmoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi – nanozarrachalar va nanostrukturalarning shakllanish usullarini har tomonlama chuqur tahlil qilish, ularning amaliy, metodologik va qiyosiy jihatlarini yoritish hamda nanotexnologiyalarning kelajakdagi rivojlanish istiqbollarini baholashdir. Maqolada xalqaro va mahalliy manbalarga asoslanib, 15 dan ortiq adabiyotdan foydalanilgan.

**Asosiy qism**

**1. Nanozarrachalar va nanostrukturalarning tasnifi**

Nanozarrachalar o‘lchami 1–100 nm bo‘lgan, yangi fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega bo‘lgan zarrachalardir. Ularning xususiyatlari hajmga bog‘liq bo‘lib, kvant effektlari, yuqori sirt maydoni va o‘ziga xos optik, elektr, magnit xossalar namoyon bo‘ladi.

Tasniflash bir necha mezon bo‘yicha amalga oshiriladi:

- O‘lcham (o‘lchov) bo‘yicha: 0D (kvant nuqtalari – izotrop, masalan, CdSe), 1D (nanotelalar, nanotrubalar – anizotrop), 2D (grafen, MXenlar – qatlamli), 3D (nanog‘ovak materiallar, nanokompozitlar).
- Material tarkibi bo‘yicha: metall nanozarrachalar (Ag, Au, Cu – plasmonik xususiyatlar), metall oksidlari ($TiO_2$, ZnO – fotokatalitik), uglerod asosidagi (fulleren $C_{60}$, uglerod nanotrubalari CNT, grafen – yuqori o‘tkazuvchanlik), polimer va gibrid nanozarrachalar.
- Shakl bo‘yicha: sferik, silindrsimon, plastinkasimon, yulduzsimon, yadro-qobiq (core-shell).

Bu tasnif nanotexnologiyada materiallarni maqsadli tanlash va sintez qilishda muhim ahamiyatga ega (Baig et al., 2021).

**2. Nanozarrachalar va nanostrukturalarning shakllanish usullari**

Top-down (yuqoridan pastga) yondashuv

Bu usulda katta hajmdagi materiallar mexanik yoki fizik-kimyoviy jarayonlar orqari nano o‘lchamga keltiriladi. Afzalligi – katta miqyosda ishlab chiqarish imkoni; kamchiligi – o‘lcham va shakl nazoratining pastligi, ifloslanish xavfi.

- Mexanik maydalash (ball milling): Yuqori tezlikdagi sharli tegirmonlarda material maydalanadi. Metall va keramika nanozarrachalari (Al, $TiO_2$) uchun qo‘llaniladi. Parametrlar: vaqt, sharlar nisbati, atmosfera. Afzallik – arzonlik; kamchilik – amorflanish va ifloslanish.
- Litografiya va nanoimprint: Fotolitografiya, elektron-nur litografiyasi (EBL) va nanoimprint orqali yuqori aniqlikdagi nanostrukturalar (nanotelalar, kvant nuqtalari) hosil qilinadi. Yarimo‘tkazgich sanoatida asosiy usul.
- Lazer ablyatsiyasi: Impulsli lazer bilan material bug‘lanadi va plazmada nanozarrachalar kondensatsiyalanadi. Toza Ag, Au nanozarrachalari olinadi; suvli muhitda dispersantlar bilan o‘lcham nazorat qilinadi.
- Sputtering va arc discharge: Ionlar bilan nishon bombardimon qilinadi yoki elektr yoyi orqali uglerod nanotrubalari va fullerenlar sintezlanadi.
- Elektrospinning: Polimer eritmalari elektr maydonida nano iplarga aylantiriladi (nanotelalar uchun).

**Bottom-up (pastdan yuqoriga) yondashuv**

Atom va molekulalardan boshlab, o‘z-o‘zidan yig‘ilish (self-assembly) orqali nanostrukturalar quriladi. Afzalligi – yuqori aniqlik, o‘lcham va shakl nazorati; kamchiligi – miqyoslash qiyinligi va xarajat.

- Sol-gel usuli: Metall alkoksidlarning gidrolizi va kondensatsiyasi orqali oksid nanozarrachalari ($SiO_2$, $TiO_2$, ZnO) olinadi. Parametrlar: pH, harorat, prekursor nisbati ta’sir qiladi. Quruq gel va kaltsinatsiya bosqichlari muhim.
- Kimyoviy bug‘lanish (CVD) va fizik bug‘lanish (PVD): Gaz fazasida uglevodorodlarning parchalanishi bilan CNT va grafen o‘stiriladi. Katalizator (Fe, Ni) va harorat (600–1000°C) kalit rol o‘ynaydi. Grafen uchun Cu substrat afzal.
- Gidrotermal va solvotermal sintez: Avtoklavda yuqori bosim va haroratda kristallik nanozarrachalar (nanotelalar, nanoplitalar) hosil bo‘ladi. Mikroto‘lqin yordamida tezlashtiriladi.
- Kimyoviy cho‘ktirish va yashil sintez: Ionlarning qaytarilishi ($NaBH_4$, sitrat) bilan Ag, Au nanozarrachalari. Yashil sintezda o‘simlik ekstraktlari (yashil choy, aloe) yoki bakteriyalar ishlatiladi – ekologik toza, arzon.
- Mikromulsiya va reverse micelle: Suv-surfaktant tizimida nanoreaktorlar hosil qilinib, bir xil o‘lchamli zarrachalar olinadi. Kvant nuqtalari uchun ideal.
- O‘z-o‘zidan yig‘ilish (self-assembly): Blok-sopolimerlar va DNK nanotexnologiyasi orqali murakkab nanostrukturalar (masalan, DNK origami).

Yashil sintez so‘nggi yillarda mashhurlashmoqda, chunki u toksik kimyoviy moddalardan xoli (Ijaz et al., 2020; Srinivasan et al., 2024).

**Metodologik jihatlar va xarakteristika**

Har bir usulda o‘lcham, shakl va tozalikni nazorat qilish uchun quyidagi parametrlar muhim: prekursor konsentratsiyasi, harorat, vaqt, pH, dispersantlar (PVP, CTAB) va katalizatorlar.

Xarakteristika usullari:

- Transmissiya elektron mikroskopiyasi (TEM) va skanerlovchi elektron mikroskopiyasi (SEM) – morfologiya va o‘lcham.
- Rentgen difraksiyasi (XRD) – kristallik tuzilma.
- UV-Vis spektroskopiyasi – optik xossalar va plasmon rezonansi.
- FTIR va Raman spektroskopiyasi – sirt funksional guruhlari.
- Atom-kuch mikroskopiyasi (AFM) – 3D sirt topografiyasi.
- Zetasizer – zaryad va disperslik.

**Qiyosiy tahlil**

Top-down usullari katta hajmli ishlab chiqarishga mos (masalan, ball milling sanoatda), lekin o‘lcham tarqalishi keng (10–50 nm). Bottom-up usullari yuqori monodisperslik (5–10 nm) va murakkab shakllarni beradi, lekin miqyoslash qiyin va qimmat. Masalan, CVD grafen ishlab chiqarishda yuqori sifatli, ammo energiya talab qiladi; yashil sintez esa ekologik va arzon, lekin barqarorlik past bo‘lishi mumkin.

O‘zbekiston sharoitida top-down usullari (maydalash) resurslarga asoslangan holda rivojlanishi mumkin, bottom-up esa ilmiy-tadqiqot institutlarida (masalan, O‘zFA Fizika instituti) amalga oshirilmoqda. Qiyosiy jihatdan, gibrid usullar (masalan, ball milling + sol-gel) eng samarali hisoblanadi.

**Nanotexnologiyalarning amaliy qo‘llanilishi va ijtimoiy ahamiyati**

Nanozarrachalar tibbiyotda saraton hujayralariga dori yetkazish (Au nanozarrachalar), diagnostika (kvant nuqtalari), energiyada quyosh batareyalari samaradorligini oshirish ($TiO_2$), ekologiyada og‘ir metallarni adsorbsiya qilishda qo‘llaniladi. O‘zbekistonda paxta yetishtirishda nano o‘g‘itlar va suv resurslarini tejashda nanotexnologiyalar istiqbolli.

Biroq, toksiklik, bioakkumulatsiya va atrof-muhitga ta’sir muammolari mavjud. Yashil sintez va barqaror nanotexnologiyalar bu xavflarni kamaytiradi.

**Xulosa**

Nanozarrachalar va nanostrukturalarning shakllanish usullari nanotexnologiyaning asosini tashkil etadi. Top-down va bottom-up yondashuvlar bir-birini to‘ldiradi: birinchisi miqyos va iqtisodiy samaradorlikni, ikkinchisi aniqlik va yangi xususiyatlarni ta’minlaydi. Sol-gel, CVD va yashil sintez kabi usullar eng istiqbolli hisoblanadi, chunki ular o‘lcham va shaklni yaxshi nazorat qilish imkonini beradi.

O‘zbekistonda nanotexnologiyalarni rivojlantirish uchun ilmiy bazani mustahkamlash, xalqaro hamkorlikni kengaytirish va yashil texnologiyalarga o‘tish zarur. Kelajakda sun’iy intellekt bilan birlashtirilgan sintez usullari va barqaror nanotexnologiyalar inson salomatligi, energetika xavfsizligi va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Ushbu soha bo‘yicha chuqur tadqiqotlar davom ettirilishi lozim.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

Kitoblar:

1. Drexler, K. E. (1986). Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology. Doubleday.
2. Feynman, R. P. (1960). There's Plenty of Room at the Bottom. Engineering and Science, 23(5), 22–36. (Nutq matni keyinchalik kitob shaklida nashr etilgan).
3. Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2001). Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology. Springer.

**Maqolalar:**

4. Abid, N., et al. (2022). Synthesis of nanomaterials using various top-down and bottom-up approaches. Advances in Colloid and Interface Science, 306, 102738. https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102738
5. Altammar, K. A. (2023). A review on nanoparticles: characteristics, synthesis, applications, and prospects. Journal of Nanomaterials, 2023, Article 10168541. PMC.
6. Baig, N., Kammakakam, I., & Falath, W. (2021). Nanomaterials: a review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges. Materials Advances, 2(6), 1821–1871. https://doi.org/10.1039/D0MA00807A
7. Ijaz, I., et al. (2020). Detail review on chemical, physical and green synthesis, classification, characterizations and applications of nanoparticles. Green Chemistry Letters and Reviews, 13(3), 223–245. https://doi.org/10.1080/17518253.2020.1802517
8. Kumari, S., et al. (2023). A comprehensive review on various techniques used for synthesizing nanoparticles. Journal of Materials Research and Technology, 24, 1–25. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.03.XXX
9. Namakka, M., et al. (2023). A review of nanoparticle synthesis methods, classifications, and applications. Materials Today Communications, 35, 105XXX.
10. Srinivasan, L. V., et al. (2024). A critical review of various synthesis methods of nanoparticles and their applications. SN Applied Sciences, 6, XXX. https://doi.org/10.1007/s42452-024-06040-8
11. To‘rayev, D. E. (2025). Nanozarrachalarning olinishi va ularning fizik xossalari. Iqtisodiyot va sotsium, UDK 620.3:539.2. CyberLeninka.

**Internet resurslari:**

12. O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi. (2024). Nanotexnologiya bo‘yicha tadqiqotlar. https://www.academy.uz (kirish sanasi: 2026-yil may).
13. Vikipediya. (2026). Nanotexnologiya. https://uz.wikipedia.org/wiki/Nanotexnologiya (kirish: 2026-yil 29-may).
14. GreenFacts. (2023). Bottom-up vs top-down approaches in nanotechnology. https://ec.europa.eu/health/scientific_committees (kirish: 2026-yil may).
15. PatSnap. (2026). Top-down vs bottom-up nanotech manufacturing explained. https://www.patsnap.com/resources (kirish: 2026-yil 30-may).
16. ScienceDirect. (2023). Various synthesis techniques for nanoparticles. https://www.sciencedirect.com (kirish: 2026-yil may).