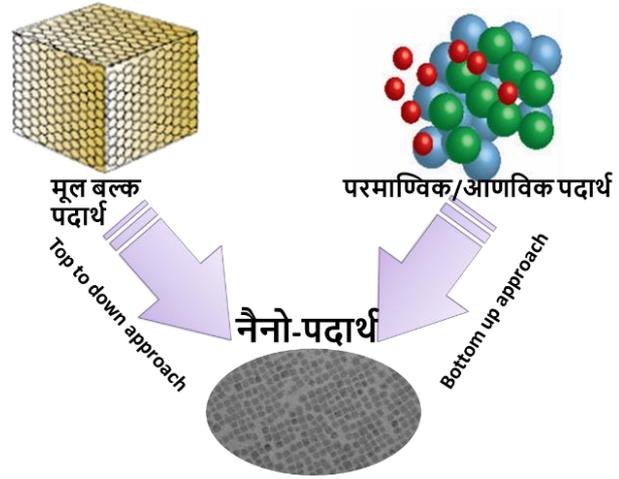


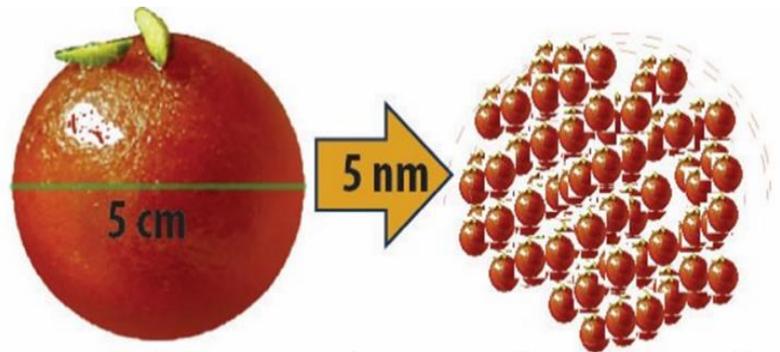
लिए उपयोग किए। इसी प्रकार से मध्यकाल में कार्बन नैनोट्यूब्स और नैनोवायर्स का उपयोग दामस्कस स्टील तलवारों को के लिए किया जाता था। हालांकि, तब नैनो पदार्थ या तो स्वतः ही बन जाते थे या फिर उनके आकार और प्रकार के बारे में अनभिज्ञता थी। शोध वैज्ञानिकों के अनुसंधान के अनुसार नैनोस्केल में पदार्थों को परिवर्तित करना, विशेष रूप से नैनोपार्टिकल्स के साथ, भौतिक गुणधर्मों में गहरा परिवर्तन कर सकता है। नैनो पदार्थ के आश्चर्यजनक वैज्ञानिक एवं इंजनीयरिंग अनुप्रयोग के बारे में महत्वपूर्ण जानकारियां हाल ही के कुछ दशकों के दौरान प्राप्त हुई है। नैनो पदार्थ के बारे में ये जानकारियां और उन्हें सबसे छोटे स्तर पर नियंत्रित करने की क्षमता नई संभावनाओं और अनुप्रयोगों को खोलती है, जो युगों के साथ अनुसंधान और नवाचार के संचरण को प्रस्तुत करती है। वर्तमान में नैनो पदार्थ को बनाने एवं उसमें आवश्यकता अनुरूप विशिष्ट गुणों का संयोजन कर पूर्ण नियंत्रण के साथ आश्चर्यजनक वैज्ञानिक एवं इंजनीयरिंग अनुप्रयोग करने में मानव ने महारत हासिल कर ली है।

नैनो पदार्थ को मूलतः दो प्रकार से बनाया जाता है-(1) **टॉप-डाउन**: बड़े आकार के पदार्थ को भौतिक बल/विधियों के प्रयोग से तब तक तोड़ा जाता है जब तक की उनका आकार नैनो पदार्थ की श्रेणी में आ जाये। इस प्रकार से बनाये गए नैनो पदार्थ में रासायनिक संघटन में ज्यादा परिवर्तन नहीं किये जा सकते अर्थात् ये नैनो पदार्थ मूल पदार्थ के ही छोटे



स्वरूप होते हैं लेकिन इनके गुण मूल पदार्थ से भिन्न एवं उपयोगी होते हैं। (2) **बॉटम-अप** दूसरे प्रकार में परमाण्विक और आणविक पदार्थ अर्थात् छोटे अंशों को संयोजित करके नैनो पदार्थ बनाये जाते हैं। इसलिए इस तरह के नैनो पदार्थ में एक से ज्यादा रासायनिक घटकों का संयोजन आसानी से किया जा सकता है और ये तुलनात्मक रूप में ज्यादा उपयोगी होते हैं।

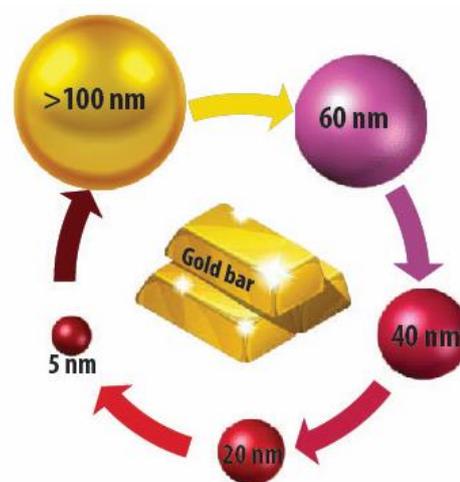
नैनो पदार्थ की उपयोगिता: नैनो पदार्थ की उपयोगिता को बेहतर समझने के लिए आकार के कारण हुए भौतिक परिवर्तन के बारे में जानना महत्वपूर्ण रहेगा। जब पदार्थ का आकार कम होता है तो उसका "सतह क्षेत्र -से-आयतन के



आकार परिवर्तन के कारण सतह क्षेत्रफल/आयतन में 10,000,000 गुना वृद्धि !

अनुपात में वृद्धि" होती है। नैनो आयाम के पदार्थ का यह एक गुप्त शस्त्र है। जैसे गुलाबजामुन बाहरी गहरा भूरा रंग वाला हिस्सा सतह क्षेत्र और बाकि अंदर का अंदर का हिस्सा उसका आयतन है। गोलाकार आकार के लिए सतह का क्षेत्रफल ($4\pi r^2$) एवं आयतन ($\frac{4}{3}\pi r^3$) का अनुपात गोले की त्रिज्या (r) के विपरीत समानुपाती होगा। मतलब, अगर 5 सेंटीमीटर का गुलाबजामुन 5 नैनोमीटर का बना दिया जाये तो उसके सतह क्षेत्र -से-आयतन के अनुपात में एक करोड़ गुना वृद्धि हो जायेगी। बढ़े हुए सतह-से-आयतन अनुपात के साथ, अधिकांश अणु सतह पर स्थित होते हैं जिससे पदार्थ की रासायनिक अभिक्रिया एवं रासायनिक गतिकी में वृद्धि होती है। अधिक सतही क्षेत्रफल के कारण पदार्थ की दी गई मात्रा के लिये, अधिक संपर्क स्थान उपलब्ध होता है और आस-पास के पर्यावरण तथा उत्प्रेरकी क्रियाओं के लिए अधिक आक्षेप्यता होती है जिससे विभिन्न रासायनिक प्रतिक्रियाओं को कारगर बनाया जा सकता है। नैनो-पदार्थ अक्सर अपने बड़े समकक्षियों की तुलना में बदले गए यांत्रिक गुणधर्म प्रदर्शित करते हैं। बढ़ी हुई सतह क्षेत्र से नैनो स्केल पर, सामग्रियाँ मजबूत और लचीली हो सकती हैं। हल्कापन, लचीलापन और मजबूती इनको और भी ज्यादा उपयोगी बना देता है। इसके अतिरिक्त, सतह-से-आयतन अनुपात परिवर्तन के कारण नैनो-पदार्थ का गुणन और उबाल की बिंदु तथा ऊष्मीय संवाहन बड़ी सामग्रियों से भिन्न होता है और ये बेहतर ऊष्मीय विसर्जन या उच्च ऊष्मीय रक्षा के अनुप्रयोग प्रभावी बनता है।

इलेक्ट्रिक तथा इलेक्ट्रॉनिक गुणधर्म: नैनो स्केल पर कुछ सामग्रियाँ इलेक्ट्रिसिटी को विभिन्नता से संवाहन कर सकती हैं। यह वैसे ही है जैसे कि बहुत छोटे तार हों जो बिजली को बहुत प्रभावी ढंग से संवाहन कर सकते हैं। नैनो स्केल पर, चालक सामग्रियाँ कभी-कभी सेमीकंडक्टर की तरह व्यवहार कर सकती हैं। उदाहरण के लिए, सोना, जो बल्क रूप में बिजली का चालक है, नैनो आयामों में सेमीकंडक्टर का गुणधर्म प्रदर्शित करता है। इस तरह के चौंकाने वाले व्यवहार के कारण, नैनो स्केल पर ये सामग्रियाँ नए इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के डिज़ाइन में नई संभावनाएं खोलती हैं। नैनोमीटर के आकार में कमी के कारण, इलेक्ट्रॉनिक गुणधर्मों पर क्वांटम प्रभाव प्रमुख हो जाते हैं और क्वांटम डॉट्स जिनका आकार 10 नैनोमीटर के लगभग होता है, अक्सर आकार- पर निर्भर इलेक्ट्रॉनिक व्यवहार प्रदर्शित करती हैं। उदाहरण के तौर पर मूलतः बड़े आकार में सोने का रंग सुनहरी पीला होता है लेकिन जब इसका आयाम नैनोमीटर पैमाने पर आता है तो इसका रंग लाल-गुलाबी हो जाता है जो की आकार के साथ बदल जाता है जैसा की आरेख में दिखाया गया है। इस तरह से केवल आकार को परिवर्तित करके विभिन्न रंग को अवशोषित एवं उत्सर्जित करने वाले नैनो



पदार्थ बनाये जा सकते हैं जो की आधुनिक सौर-ऊर्जा, डिस्प्ले तकनीक एवं प्रकाश के प्रसार के लिए बेहद महत्वपूर्ण है। आपने क्वांटम डॉट आधारित डिस्प्ले के बारे में सुना होगा, "क्यूएलईडी" (क्वांटम डॉट एलईडी) उच्च-स्तरीय एलसीडी टीवी के लिए सामान्यतः, प्रयुक्त किया जाता है जिसमें क्वांटम डॉट टेक्नोलॉजी शामिल है। इन डिस्प्ले में, क्वांटम डॉट्स को एलईडी बैकलाइट की रंग गुणसूची और प्रकाश की बढ़ती चमक में बेहतर प्रदर्शन के लिए उपयोग किया जाता है। सतह-से-आयतन अनुपात में परिवर्तन से उत्पन्न अद्वितीय गुणधर्मों को समझना और उन्हें विशिष्ट अनुप्रयोगों के लिए डिज़ाइन और इंजीनियरिंग करना, इलेक्ट्रॉनिक्स और चिकित्सा से लेकर कैटलिसिस और ऊर्जा भंडारण तक कई क्षेत्रों में नैनोसामग्रियों को विविध सम्भावनायें बनाता है जो की बहुत मूल्यवान हैं। नैनो पदार्थ का महत्व विभिन्न अनुप्रयोगों में बहुत बड़ा योगदान है एवं उद्योगों और प्रौद्योगिकियों में क्रांति ला रहा है।

नैनो पदार्थ के विविध अनुप्रयोग एवं सम्भावनायें : चिकित्सा और स्वास्थ्य में नैनो-धातुओं का प्रयोग उपयोग रोगों की पहचान तथा दवाओं को विशिष्ट कोशिकाओं या अंगों तक पहुँचाने के लिए किया जाता है जिससे कम दुष्प्रभाव (साइड इफेक्ट्स) और प्रभावी इलाज संभव हो पाता है। इलेक्ट्रॉनिक्स और कंप्यूटिंग के क्षेत्र में नैनो पदार्थ असाधारण चालकता, उच्च गति और अधिक प्रभावी इलेक्ट्रॉनिक घटकों का निर्माण करने के लिए प्रयुक्त किये जाते हैं। नैनोस्केल ट्रांजिस्टर और मेमोरी डिवाइस ने कंप्यूटरों की प्रोसेसिंग शक्ति को काफी बढ़ाया है। नैनो पदार्थ का उपयोग ऊर्जा संग्रहण और परिवर्तन डिवाइस को सुधारने में भी किया जाता है। उदाहरण के लिये बैटरियों में नैनोकॉम्पोजिट्स उनकी क्षमता और आयु को बढ़ाते हैं, जबकि ऊर्जा परिवर्तन के लिए सौर सेल और नैनो कैटलिटिक सिस्टम्स की आवश्यकता होती है। इसके अलावा, नैनोपार्टिकल्स का प्रयोग विषैले पदार्थों और प्रदूषकों को हटाने के लिए किया जा रहा है जो की पर्यावरण एवं जल शुद्धिकरण में सहारा प्रदान करते हैं। वस्त्र उद्योग, खाद्य उद्योग, सौंदर्य प्रसाद सामग्रियों के साथ मजबूत संरचनाएं जैसे एयरोस्पेस और निर्माण के क्षेत्र में भी नैनो पदार्थ का तेजी से प्रयोग तेजी से बढ़ रहा है। अतः निकट भविष्य में नैनो पदार्थ से सम्बंधित कौशल रखने वाले कुशल जनशक्ति की आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुये, शिक्षण संस्थाओं में नैनो पदार्थ पर प्रशिक्षण और अनुसंधान की व्यवस्था की जाती है। एक और जहाँ नैनो पदार्थ वैज्ञानिक सिद्धांतों के लिए प्रायोगिक उदाहरण प्रदान करती हैं वहीं दूसरी ओर छात्रों को नैनो तकनीकी के रोमांचक क्षेत्र में गहरे अध्ययन के लिए प्रेरित करती हैं। नैनो पदार्थ का उपयोग भविष्य की तकनीकी क्रांति एवं नवाचारों के लिये वांछनीय है।



सन्दर्भ:

1. Bayda, Samer et al. "The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical-Physical Applications to Nanomedicine." *Molecules (Basel, Switzerland)* vol. 25,1 112. 27 Dec. 2019, doi:10.3390/molecules25010112
2. The New York Times. Available online: www.nytimes.com/imagepages/2005/02/21/science/20050222_NANO1_GRAPHIC.html
3. Barhoum A et. al, Review on Natural, Incidental, Bioinspired, and Engineered Nanomaterials: History, Definitions, Classifications, Synthesis, Properties, Market, Toxicities, Risks, and Regulations. *Nanomaterials*. 2022; 12(2):177. <https://doi.org/10.3390/nano12020177>
4. Gupta, V.; Mohapatra, S.; Mishra, H.; Farooq, U.; Kumar, K.; Iqbal, Z. Nanotechnology in Cosmetics and Cosmeceuticals A Review. *Gels* 2022, 8 (153), 1–31.
5. Sharma, D. K*. Hirata, S.; Vacha, M. Single-particle electroluminescence of CsPbBr₃ perovskite nanocrystals reveals particle-selective recombination and blinking as key efficiency factors *Nature Communications*, 2019 10, 4099 DOI: 10.1038/s41467-019-12512-y.
6. Sharma, D. K.*; Hirata, S.; Bujak, L.; Biju, V.; Kameyama, T.; Kishi, M.; Torimoto, T.; Vacha, M. Influence of Zn on the Photoluminescence of Colloidal (AgIn)_xZn_{2(1-x)}S₂ Nanocrystals *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2017, 19, 3963–3969. DOI: 10.1039/C6CP07550A
7. Schaming, D., Remita, H. Nanotechnology: from the ancient time to nowadays. *Found Chem* 17, 187–205 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10698-015-9235-y>

