

# नैनो में सिमटती दुनियाँ

डॉ. कृष्ण कुमार मिश्र



मनुष्य जीवन के तकरीबन हर क्षेत्र में आज नैनो विज्ञान अपनी एक पैठ बनाता जा रहा है तथा दिनोंदिन इसका प्रसार तथा विस्तार हो रहा है। सूक्ष्मता के मापन, अध्ययन और अनुप्रयोग पर आधारित विज्ञान की यह विधा नितांत नई नहीं है। अनुप्रयोग के रूप में तो यह बहुत प्राचीन है। अलबत्ता हाल के वर्षों में हुए अनुसंधान तथा विकास ने इसके अध्ययन को एक नई दिशा प्रदान की है।

नैनोविज्ञान के प्रथम अनुप्रयोग का श्रेय रोम को जाता है। रोम में चौथी शताब्दी में बने शीशे के रंग किरने प्याले, जिसे लाइसार्गस प्याले के नाम से जाना जाता है,



लाइसार्गस प्याला

जब भी बहुत आकर्षित दिखाते हैं। इसमें रंगहीन शीशे को विविध रंगों से सुसज्जित करने के लिए सोने और चांदी के नैनो कणों का प्रयोग किया जाता था। इन नैनो कणों की वजह से यह परिलक्षित प्रकाश जैसे कि दिन के प्रकाश में देखने पर हरा दिखाई देता है, लेकिन जब प्रकाश कौंच के माध्यम से गुजरता है तो वह लाल दिखाई देता है।

नैनो विज्ञान के एक अन्य प्राचीन अनुप्रयोग के रूप में काजल का उल्लेख किया जा सकता है। सौंदर्य और स्वास्थ्य कारणों से बहुत पहले से काजल का प्रयोग किया जाता रहा है। गाँव, देहात में आमतौर पर काजल बनाने के लिए पारंपरिक विधि का प्रयोग करते हैं। इसमें एक बीया लेते हैं जिसमें सरसों का तेल या घी डालकर बत्ती लगा देते हैं। इसके ऊपर किसी धातु के पात्र (कजरीटा) को रखकर काजल बनाते हैं। होता यह है कि कजरीटा के दीपों के पास होने से दहन के लिए पर्याप्त आक्सीजन नहीं मिल पाती। अतः तेल या घी के अपूर्ण दहन से उत्पन्न होने वाली कालिख (soot) में करीब एक प्रतिशत भाग कार्बन नैनो कण होते हैं।

नैनो टेक्नोलॉजी का एक अन्य उदाहरण जापान की सुप्रसिद्ध मध्यकालीन समुराई तलवारों का दिया जा सकता है। जापान की

प्राचीन युद्धकला में समुराई तलवारों का एक विशिष्ट स्थान था। ये तलवारें अपनी तेज धार और मजबूती के लिए जानी जाती थीं। इन तलवारों को बनाने में 'फोर्ज एंड फोल्ड' (Forge and Fold) तकनीक का प्रयोग किया जाता था। इस तकनीक में धातु को पहले गर्म करके पीटते हैं और फिर पतला करके मोड़ते हैं। ऐसा बारंबार दुहराने से बनी धातु की सातह बहुत पतली (लगभग 50 नैनो मीटर) हो जाती है जो बेहद मजबूत होती है।

नैनो तकनीक की एक अन्य उदाहरण है परंपरागत बनारसी साड़ियाँ। इन साड़ियों का इतिहास सदियों पुराना है। जैसा कि हम जानते हैं, बनारसी साड़ियों में सोने के धागे प्रयोग किए जाते हैं। सोने

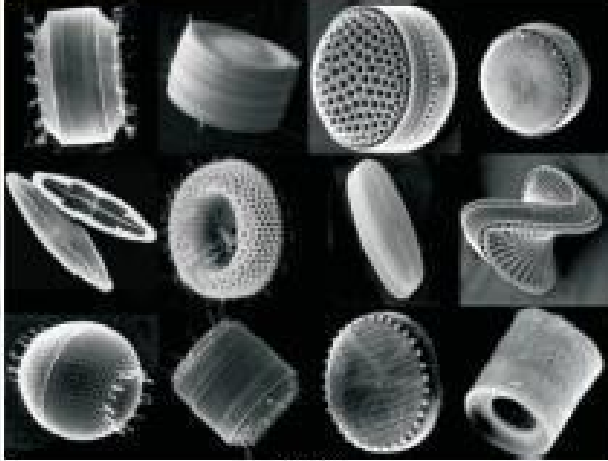


बनारसी साड़ी में सोने के धागे

के ये धागे तकरीबन 10 माइक्रॉन यानी 10,000 नैनो मीटर मोटाई के होते हैं। धरती पर मिलने वाले सभी पदार्थों में सोने की लयता सबसे अधिक होती है। 1 ग्राम सोने से निर्वात में दो किलोमीटर से भी लम्बा तार खींचा जा सकता है। इसलिए सोने के इतने महीन धागे बना पाना संभव होता है। सोने के इन धागों की वजह से बनारसी साड़ी की सुन्दरता में निखार आ जाता है। नैनो के इन प्राचीन अनुप्रयोगों से हम देख सकते हैं कि तकनीकी विकास के लिए विज्ञान का महान ऐतिहासिक ज्ञान होना आवश्यक नहीं है। इसे आवश्यकताओं, अनुभवों और अनुकूलन से सीखा तथा विकसित किया जाता रहा है। अतः यह

कसा जा सकता है कि हमने नैनो को वैज्ञानिक रूप से हाल ही में जानना आरंभ किया है लेकिन यह भी सत्य है कि हम कहीं बहुत पहले से इसका प्रयोग करते आ रहे हैं। हाल के वर्षों में हुए शोधों और वैज्ञानिक विकास से हमें इसके वैज्ञानिक कार्यों का पता मात्र चला है।

### प्रकृति में नैनो संरचनाओं के उदाहरण



डायटम

अभी तक हमने मानव निर्मित नैनो संरचनाओं के उदाहरण देखे। लेकिन प्रकृति में भी नैनो के अनेक अनुपम उदाहरण मिलते हैं। यहाँ एक तरह के समुद्री शैवाल का उल्लेख किया जा सकता है। एमिलिएनिया हक्सलेई (Emiliania Huxleyi) का खोल 2.5 माइक्रोमीटर व्यास का होता है जो क्रिस्टलीय कैल्शियम कार्बोनेट (कैल्साइट) का बना होता है। नैनो आकार के संरंघ और डिजाइन इसकी विशेषता होते हैं। इन्हीं डिजाइनों और संरचनाओं से प्रेरित होकर कृत्रिम रूप से कैल्शियम कार्बोनेट के नैनो क्रिस्टलों का विकास किया गया। प्रयोगशाला में विकसित ये क्रिस्टल, प्राकृतिक नैनो क्रिस्टल से काफी अलग थे। एक अन्य उदाहरण डायटम (Diatoms) का है, ये एक कोशिकीय समुद्री शैवाल होते हैं। इनकी विशेषता सिलिकॉन आक्साइड के बने हुए संरंघ खोल के कारण होती है। यह खोल नैनो मीटर के स्तर तक के हो सकते हैं।

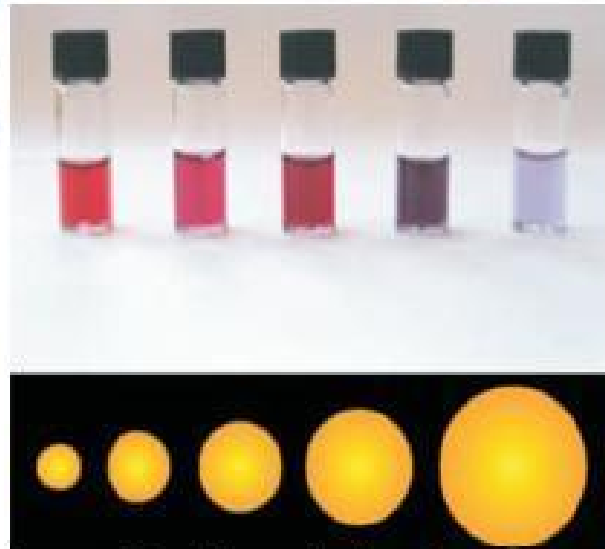
नैनो संरचना के तौर पर अस्थियों की सूक्ष्म संरचना का उदाहरण लेना समीचीन होगा। अस्थियाँ मुख्यतः हाइड्रॉक्सीएपोटाइट की बनी होती हैं। यह खनिजों का एक समूह होता है। अस्थियों की सूक्ष्म संरचना में हमें नैनो आकार के संरंघ दिखाई पड़ते हैं। इन संरंघों के कारण अस्थियाँ स्वच्छ होती हैं और इसका वजन भी काफी कम हो जाता है। मनुष्यों में जाँघ की फीमर अस्थि सबसे मजबूत होती है। यहाँ यह उल्लेखनीय है कि ढ़ेर सारे नैनो संरंघ होने के बावजूद फीमर अस्थि नितांत मजबूत होती है। वास्तव में यह गहन शोध का विषय है। नैनो स्तर की यह संरंघता इसके हल्केपन और मजबूती को असाधारण रूप से बढ़ा देती है। अगर हम इन सभी प्राकृतिक संरचनाओं को ध्यान से देखें तो हमें यह ज्ञात होता है कि ऐसी सभी प्राकृतिक संरचनाएँ जो नैनो द्वारा प्रेरित होती हैं, उनके अणुओं में नैनो मीटर के स्तर पर विभेदन होता है। दूसरी महत्वपूर्ण बात यह है कि इन सभी संरचनाओं में पदार्थ का संयोजन अद्भुत होता है। करोड़ों वर्षों के जीवविकास और अनुकूलन से अस्तित्व में आयी ये संरचनाएँ

प्रकृति की शिल्पकारी का अनुपम उदाहरण हैं।

### नैनो स्तर पर पदार्थ के गुणधर्म

नैनो के तकनीकी उपयोग की संभावनाओं के अनेक कारण हैं। सबसे बड़ा कारण यह है कि नैनो आकार में पदार्थ के मूल गुण बहुत बदल जाते हैं। नैनो स्तर पर पदार्थ के रंग, क्रियाशीलता, वैद्युतीय गुणों आदि में उल्लेखनीय परिवर्तन देखने को मिलता है। ये परिवर्तन चूँकि मूल गुणों से अलग होते हैं अतः नियंत्रित स्थिति में इन परिवर्तनों का उपयोग करके असाधारण से लगने वाले अनुप्रयोगात्मक विकास भी किये जा सकते हैं। नैनो-पदार्थों के इन गुणधर्मों के कई अनोखे अनुप्रयोग हैं। उदाहरण के लिए, अपारदर्शी पदार्थ का पारदर्शी होना (तांबा), अपार पदार्थों का उत्प्रेरक बनना (प्लैटिनम, सोना), अदहनशील का दहनशील पदार्थ बनना (एल्युमिनियम), ठोस पदार्थ का सामान्य तापमान में तरल होना (सोना), या कुचालक पदार्थ का चालक होना (सिलिकॉन)। सोने के कोलॉइडी विलयन का उदाहरण दिया जा सकता है। सोने के सामान्य कणों का रंग पीला होता है लेकिन नैनो आकार पर इसके लाल और सफेद कोलॉइडी विलयन भी बनाए जा सकते हैं।

वर्ष 1857 में माइकल फ़ैराडे ने सोने के कोलॉइडी विलयन तैयार किया था। सोने के नैनो आकार के कणों का यह विलयन कई मामलों में अलग है। इसकी सबसे बड़ी विशेषता ये है कि यह विलयन



विभिन्न नैनो आकार के सोने का विलयन। आकारों में विभिन्नता विलयनों के रंगों में विभिन्नता का कारण है।

इतने वर्ष बीत जाने के बाद आज भी जस का तस है। यद्यपि नैनो स्तर पर पदार्थ की क्रियाशीलता बहुत बढ़ जाती है फिर भी इस विलयन में आज तक कोई परिवर्तन देखने को नहीं मिला है। इस प्रकार फ़ैराडे ने यह सिद्ध कर दिया कि नैनो का स्थायी विलयन भी बनाया जा सकता है। इसी प्रकार तबि को नैनो स्तर पर लाने के बाद कमरे के तापमान पर ही उसका लघीलापन इतना बढ़ जाता है कि इसके तार खींचकर 50 गुने लम्बे किए जा सकते हैं। उसी प्रकार जिंक आक्साइड, जो सफेद होता है, नैनो स्तर पर पारदर्शी हो जाता है तथा एल्युमिनियम को नैनो स्तर पर लाने से यह खुद ही आग पकड़ कर बरस हो जाता है।

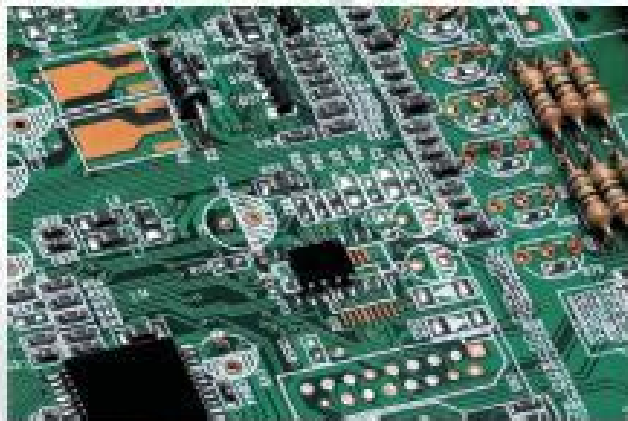
प्लैटिनम प्रचुर मात्रा में रासायनिक रूप से बहुत अक्रिय तत्व होता है लेकिन नैनो पावडर के रूप में यह बहुत अभिक्रियाशील हो जाता है।

#### वाणिज्यिक नैनो पदार्थ

जब भी हम नैनो तकनीकी के विषय में पीछे मुड़कर देखते हैं तो हमारा ध्यान प्रख्यात भौतिकी विद्वान रिचर्ड फाइन्मैन द्वारा सन् 1959 में दिए गए बहुत ही लोकप्रिय व्याख्यान, "देअर ब्रज प्लेन्टी आफ् सन ऐट द बॉटम" की तरफ जाता है जिसमें उन्होंने सर्वप्रथम नैनो स्तर पर पदार्थ के गुणधर्म और उससे बनने वाली संभाव्य वस्तुओं की चर्चा की थी।

वर्तमान वाणिज्यिक उत्पादों में नैनो कणों का काफी उपयोग किया जा सकता है। अधिकतर वाणिज्यिक अनुप्रयोग पहली पीढ़ी के निष्क्रिय पदार्थों के ही हैं। इनमें टाइटेनियम डाईआक्साइड का प्रसाधन सामग्रियों में प्रयोग, रजत नैनो कणों का खाद्य पदार्थों के डिब्बाबंदी में प्रयोग, कपड़ों, कीटनाशकों और घरेलू यंत्रों में, प्रसाधन सामग्रियों में जिंक आक्साइड नैनो कणों का प्रयोग, रंग (पेंट), फनीयर वार्निश में और ईंधन-उत्प्रेरक सीरियम आक्साइड के रूप में प्रयोग शामिल हैं।

उच्च कोटि के पेंट तथा थर्मल से कोटिंग में मौजूद टाइटेनियम कण वास्तव में नैनो कण हैं। उसी प्रकार मिट्टी के टाइल्स तथा सेनेटरी उत्पादों में सजावटी आकृति तथा कौंच नैनो कणों से बने होते हैं। नैनो प्रौद्योगिकी से उन्नत उत्प्रेरकों का प्रयोग रासायनिक तथा संबंधित उद्योगों में हो रहा है। आजकल प्रदूषण रोकने के लिए



इलेक्ट्रॉनिक चिप

वाहनों के कन्वर्टर्स में प्रयोग की जाने वाले उत्प्रेरक वास्तव में नैनो-संरचित होते हैं। आटोमोबाइल के ईंधन में भी नैनो-द्रवों को घोलकर ईंधन की क्षमता को बढ़ाने की दिशा में सोचा जा रहा है। इस क्षेत्र में एल्युमिनियम नैनो-कणों का उपयोग वैज्ञानिकों ने शुरुआती स्तर पर किया है। ब्रेकआइल के स्थान पर नैनो-द्रवों से बने ब्रेक-फ्लुइड भी बनाए जाने के प्रयास हो रहे हैं। इन ब्रेक फ्लुइड में शुरुआती स्तर पर किए गए अनुसंधानों में कॉपर आक्साइड और एल्युमिनियम आक्साइड ब्रेक नैनो-द्रवों का इस्तेमाल किया गया है जिसमें प्रायोगिक स्तर पर अच्छे नतीजे मिले हैं। नैनो मोरस पदार्थ (जियोलाइट) का प्रयोग कच्चे तेल के सौधन में किया जाता है।

नैनो विज्ञान का एक पक्ष आधुनिक तकनीकी का भी है। आज के युग को हम सिलिकॉन युग कहते हैं। सिलिकॉन के जरिए हमें यह सृचना क्रांति देखने को मिली है। सिलिकॉन एक अर्धचालक है और सभी इलेक्ट्रॉनिक परिष्थों में इसका प्रयोग देखने को मिलता है।

वर्तमान में एक इलेक्ट्रॉनिक चिप पर करीब दस लाख सिलिकॉन रॉज होते हैं और प्रत्येक रॉज का आकार 800 नैनो मीटर का होता है। आगे यह उम्मीद है कि लगभग दो दशकों में इसका स्थान 500 नैनो मीटर से सिमट कर 1-10 नैनो मीटर हो जाएगा। कम्प्यूटर की क्षमताओं में वृद्धि अधिक से अधिक ट्रांजिस्टर्स को एकीकृत परिष्थ (integrated circuit-IC) चिप में सम्मिलित करके हासिल की गई थी। आजकल अत्याधुनिक IC में ट्रांजिस्टर्स की लंबाई 200-300 नैनो मीटर तक होती है। आने वाले समय में सिलिकॉन के स्थान पर ग्रैफीन से कम्प्यूटर चिप बनेंगे जिससे कम्प्यूटर की गति तेज होगी तथा आकार छोटा होगा। वैज्ञानिक ग्रैफीन से बने ऑप्टिकल फाइबर के इस्तेमाल की सोच रहे हैं जिससे इंटरनेट की स्पीड 20 गुना बढ़ सकती है। ऐसा पाया गया है कि धातु के नैनो ट्रांजे से मिलाने पर ग्रैफीन प्रकाश को सामान्य से 20 गुना तेजी से इलेक्ट्रिकल एनर्जी में बदल देता है।

#### ऊर्जा के क्षेत्र में नैनो के अनुप्रयोग

सार्थ ही विश्व में ऊर्जा संकट को ध्यान में रखते हुए बहुत से ठोस आक्साइड ईंधनों सेलों में लैन्थेनम, सीरियम, स्ट्रॉन्शियम, मैग्नीज के नैनो कणों का प्रयोग किया जा रहा है। ईंधन सेल में प्लैटिनम का इस्तेमाल उत्प्रेरक के रूप में किया जाता है जो कि काफी महंगी धातु है। यद्यपि प्लैटिनम बड़ी मात्रा में रासायनिक रूप से अक्रिय पदार्थ होता है परंतु यह नैनो पावडर के रूप में अभिक्रियाशील हो जाता है। अभिक्रियाशील पृष्ठ क्षेत्र को बिना कम किए हुए इस महंगे पदार्थ की मात्रा कम करने के लिए कंपनियाँ ने प्लैटिनम नैनो कणों का प्रयोग किया है। श्रेष्ठ लीथियम बैटरियों में लीथियम टाइटेनेट और टैन्टेल्म नैनोकणों का उपयोग करके अगली पीढ़ी की लीथियम आयन बैटरियों में बदलकर श्रेष्ठ तथा उन्नत बनाया जा रहा है।

सौर-विद्युत सेल घानी सोलर फोटो-वोल्टेइक सेल काफी उपयोगी चीज है। इनकी मदद से हम सूर्य के प्रकाश को विद्युत में बदल सकते हैं। मगर इनकी कार्यक्षमता काफी कम होती है और ये महंगे भी होते हैं। लेकिन अब नैनोटेक्नोलॉजी की मदद से इनकी कार्यक्षमता बढ़ाई जा सकती है और कीमत कम की जा सकती है। इसकी कार्यक्षमता को बढ़ाने के लिए पहले एक अर्धचालक सतह पर सोने के सूक्ष्म कण जमा किए जाएंगे। फिर सोने के इन कणों का उपयोग आधार के रूप में करते हुए इन पर फॉस्फोरस और इंडियम के यौगिकों के विहायत नहीं तार निर्मित किए जाएंगे। ऐसे एक तार की मोटाई महज 180 नैनोमीटर होगी। इस तरह के नैनो तारों से बने सौर-विद्युत सेल लगभग 15 प्रतिशत सौर ऊर्जा को विद्युत में बदल देंगे।

#### कृषि, पर्यावरण एवं सुरक्षा के क्षेत्र में नैनो तकनीक के अनुप्रयोग

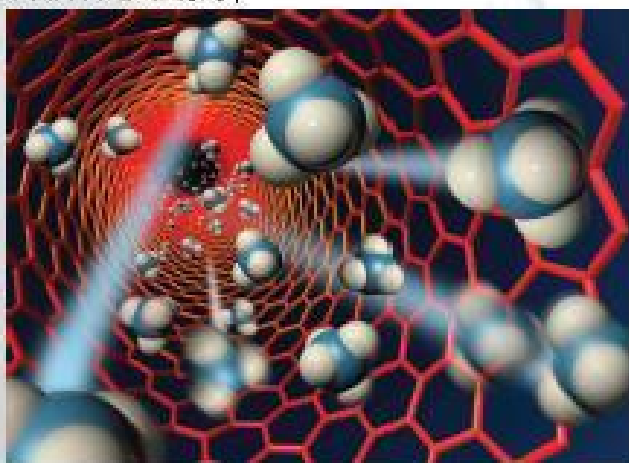
कृषि के क्षेत्र में नैनो तकनीक के उपयोग की अनेक संभावना है। पौधों के लिए जल व उर्वरक की धीमी निकासी तथा प्रचुर सुराक के लिए नैनो-रॉज जियोलाइट्स का प्रयोग किया जा सकता है। विश्व स्तर पर बढ़ते हुए औद्योगिकीकरण, कृषि में कीटनाशकों के अत्यधिक प्रयोग, जनसंख्या-वृद्धि, नाइट्रेट, भारी तत्व जैसे कि लेड, इत्यादि के उपयोग तथा प्रदूषणों ने भूमिगत जल को पूरी तरह से प्रदूषित कर दिया है। विश्व स्तर पर नवीनतम खोजों के अनुसार वैज्ञानिकों ने पाया कि इसे शुद्ध करने के लिए लौह नैनो-कणों का उपयोग किया जा सकता है। नैनोतकनीक के द्वारा ऐसे पदार्थ बनाए जा सकेंगे जिसके विनिर्माण में अपशिष्ट पदार्थ बनेंगे ही नहीं। इससे पर्यावरण प्रदूषण को रोकने में मदद मिलेगी। नैनो तकनीक के द्वारा

ऐसे बारकोड भी बनाए जा सकते हैं जो कि पर्यावरण में किसी भी खतरनाक पदार्थ की उपस्थिति की जानकारी दे सकते हैं।

नैनो तकनीक का उपयोग न केवल उच्चप्रौद्योगिकी में अपितु सुरक्षा विज्ञान और अन्य शाखाओं में भी हो रहा है। नैनोटेक्नोलॉजी में हुए अनुसंधानों का प्रयोग सेना के लिए हल्की बर्दी बनाने में किया जा रहा है तथा उस बर्दी में ऐसा गुण डाल दिया जाएगा जिससे वह वातावरण तथा परिस्थिति के अनुसार रंग भी बदल लेगा। सेना के उपयोग में आने वाले कारखुस एवं अन्य हथियारों को प्रभावशाली बनाने के लिए नैनो टेक्नोलॉजी का प्रयोग किया जाता है। नैनो पदार्थ जैसे नैनो-नलिकाएँ पौधाओं तथा उपकरणों को हल्का और शक्तिशाली बनाते हैं। इसके अलावा साबुन, कपड़े, प्लास्टिक जैसे बहुलकों में जिंक नैनो कण तथा चांदी के नैनो कणों का उपयोग किए जाने की संभावना है जिससे इनकी गुणवत्ता में कई गुना वृद्धि हो जाती है। इन्हीं कणों का उपयोग सूक्ष्मजीवरोधी, जीवाणुरोधी, प्रतिजैविक तथा कवकरोधी क्रीमों में उपयोग करके रोजमर्रा की साधारण वस्तुओं को इस कदर सुगंधी तथा प्रभावी बनाया जा सकेगा कि इन वस्तुओं के 100 प्रतिशत परिणाम नजर आएँगे।

**चिकित्सा के क्षेत्र में अनुप्रयोग**

चिकित्सा तथा जैव तकनीकी के क्षेत्र में भी नैनो तकनीक की मदद से कई सारी ऐसी बीमारियों का निदान संभव हो सकता है जो कि अभी काफी मुश्किल है। उदाहरणार्थ, कैल्शियम फास्फेट के नैनो क्रिस्टल को इस्तेमाल करके कृत्रिम हड्डी जैसे पदार्थ का निर्माण किया गया है जो गुणवत्ता में किसी भी प्राकृतिक हड्डी के समान है। अच्छी गुणवत्ता वाले एक्स-रे चित्रों के लिए, विशेष रूप से वे जिनसे दाँतों का परीक्षण किया जाता है, टंगस्टन आक्साइड के नैनो कणों का उपयोग किया जा रहा है।



कार्बन नैनो द्रव्य

आजकल अत्याधुनिक IC में ट्रांजिस्टरों की लंबाई 200-300 नैनो मीटर तक होती है। आने वाले समय में सिलिकॉन के स्थान पर ग्रेफीन से कंप्यूटर चिप बनेंगे जिससे कंप्यूटर की गति तेज होगी तथा आकार छोटा होगा। वैज्ञानिक ग्रेफीन से बने ऑप्टिकल फाइबर के इस्तेमाल की सोच रहे हैं जिससे इंटरनेट की स्पीड 20 गुना बढ़ सकती है। ऐसा पाया गया है कि धातु के नैनो टाँचे से मिलाने पर ग्रेफीन प्रकाश को सामान्य से 20 गुना तेजी से इलेक्ट्रिकल एनर्जी में बदल देता है।

विभिन्न नैनो कणों, विशेषकर क्वॉटम डॉट्स को शरीर में संचारित कर कैंसर का पता लगाने और उपचार करने के लिए प्रयास पहले से ही शुरू किए जा चुके हैं। इसके नैनो-ड्रग डिलिवरी सिस्टम का उपयोग किया जा रहा है जिसमें नैनो-जेल और स्वर्ण-लेपित (गोल्ड प्लेटेड) नैनो कणों का इस्तेमाल किया जा रहा है। ये नैनो कण अलग-अलग प्रकार के जैविक चिन्तों और औषधियों से युक्त होते हैं ताकि वे सीधे कैंसर कोशिकाओं तक पहुँच सकें और आसपास की स्वस्थ कोशिकाओं को प्रभावित किए बिना केवल रोगजनित कोशिकाओं को नष्ट कर सकें।

नैनो वैज्ञानिकों ने फ्लुरोसेंट नैनो कण भी तैयार किए हैं जो एमआरआई सीटी स्कैन करते समय घनक सत्रों हैं। इससे शरीर में कैंसर के सही स्थान का पता लगाने में मदद मिलती है। नविष्य में नैनो पदार्थ हेमोग्लोबिन के रज पर आक्सीजन वाहक के रूप में उपयोग किए जाएँगे। नैनो रोबोट्स का उपयोग भी चिकित्सा के क्षेत्र में किया जा रहा है। नैनो रोबोट्स बहुत छोटे कण होते हैं जो कि ऐसे कल-पुर्जा रो बने होते हैं जिनका आकार 1 से 100 नैनो मीटर तक होता है। इसमें कार्बन की नैनो नलिकाओं का उपयोग कर चिपका बनाए जाते हैं। इन रोबोट्स को शरीर के अंदर रक्तवाहिनियों आदि में आसानी से प्रविष्ट किया जा सकता है। इन नैनो रोबोट के जरिए प्रारंभिक रूप से बगैर किसी एंटीबायोटिक के रोगाणुओं से मुक्ति दिलाई जा सकती है।

निरुध्वन उद्योग में सामान्यतः नैनो निरुध्वन झिल्ली के प्रयोग से संबंधित होता है जिसके छिद्र इसके विपरीत परासरण झिल्ली के छिद्रों के अपेक्षा अधिक बड़े होते हैं। व्यापक पैमाने पर यह प्रक्रिया जल तथा वायु शोधन और विभिन्न औद्योगिक प्रक्रियाओं में लागू है जिसमें औषधि और एंजाइम का शोधन, तेल-जल का पृथक्कन तथा अपशिष्ट निष्कासन शामिल है।

विशेष रूप से नैनो प्रौद्योगिकी जल से किसी भी संदूषण को निकालने में समर्थ है। अर्गोनाइड नैनो मटेरियल्स द्वारा विकसित तकनीक में उच्च संवेद्य प्रवाह प्रणालियाँ उत्पन्न करने के लिए दो नैनो मीटर व्यास के फाइबर का प्रयोग किया जाता है जो वायरस, आर्सेनिक तथा अन्य संदूषणों का निरुध्वन करके उन्हें बाहर कर देते हैं। पानी से धातु आयन को पृथक् करने हेतु डेन्ड्रीमर-संवृद्धि अल्टाफिल्ट्रेशन को जल शोधन की एक अद्भुत प्रक्रिया के रूप में विकसित करने की योजना बनायी जा रही है।

इस तरह हम देखते हैं कि नैनो विज्ञान तथा नैनो टेक्नोलॉजी का दायरा हमारे जीवन में बढ़ता जा रहा है। इनसे आने वाले दिनों में तरह-तरह की युक्तियाँ तथा विधियाँ विकसित होंगी जो मानव जीवन की बेहतरी के लिए बहुत उपयोगी साबित होंगी।

लेखक डॉ. मंगल विद्यान विद्या केंद्र, मुम्बई में एम्बिएड प्रोफेसर हैं।  
Email: kkm@hbcse.tifr.res.in