खण्ड-10, अंक-1, वर्ष-2022, मु0प्र0 107-113
D.O.I.: https://doi.org/10.22445/avsp.v10i1.17
SJIF (2021) : 7.247

Application of Nanotechnology in Science and Technology: A Scientific Review

Rakesh Kumar Singh
Govind Ballabh Pant Institute of Himalayan Environment
Himachal Regional Centre, Mauhal, Kullu-175 126, H.P., India
rksingh@gbpihed.nic.in

Received: 31-08-2022, Accepted: 10-10-2022

Abstract- Nanotechnology is the branch of science that studies the technology of arranging the molecules or atoms of a substance at the nanometer level. "Nano" is a Greek word meaning "small" or "dwarf". A nano means 10^{9}m i.e. one billionth part of a meter. Within nanotechnology, objects of size 100 nanometers or less are studied. Nanotechnology can create many new materials and devices with a vast range of applications. Nanotechnology can be used in all science and technology fields, such as chemistry, biology, physics, medical science, materials science, engineering, etc.

Key words- Molecules, Atoms, Nanoscience, Nanotechnology, Nanoparticles, Nanomaterials, Nanomedicine, Nanoelectronics

विज्ञान और प्रौद्योगिकी में सूक्ष्म तकनीकि का प्रयोगः एक वैज्ञानिक समीक्षा

राकेश कुमार सिंह
गोविंद बल्लभ पंत राष्ट्रीय हिमालयी पर्यावरण संस्थान
हिमाचल क्षेत्रीय केंद्र, मौहल, कुल्लू–175 126, हिमाचल प्रदेश, भारत
rksingh@gbpihed.nic.in

सार– नैनोटेक्नोलॉजी(सूक्ष्म तकनीकि) विज्ञान की वह शाखा है जहाँ किसी पदार्थ के अणुओं या परमाणुओं को नैनो मीटर के स्तर पर व्यवस्थित करने की तकनीक का अध्ययन किया जाता है। "नैनो" एक ग्रीक भाषा का शब्द है जिसका अर्थ है "छोटा" या "बौना" ।एक नैनो का अर्थ 10^{-9}मीटर से है यानि एक मीटर का एक अरबवाँ हिस्सा। नैनोटेक्नोलॉजीके अन्दर 100 नैनो मीटर या उससे कम आकार की वस्तुओं का अध्ययन किया जाता है। नैनोटेक्नोलॉजी अनुप्रयोगों की एक विशाल श्रृंखला के साथ कई नई सामग्रियों और उपकरणों का निर्माण कर सकती है। नैनोटेक्नोलॉजी का उपयोग सभी विज्ञान और प्रौद्योगिकीक्षेत्रों, जैसे कि रसायन विज्ञान, जीव विज्ञान, भौतिक विज्ञान, चिकित्सा विज्ञान,सामग्री विज्ञान,अभियांत्रिकी,आदि में किया जा सकता है।

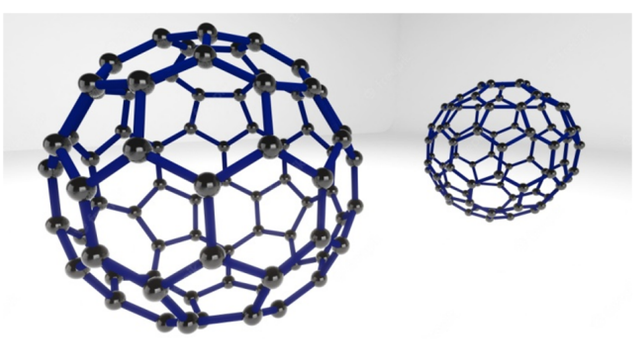
बीज शब्द– अणु, परमाणु, नैनोसाइंस, नैनोटेक्नोलॉजी, नैनोपार्टिकल, नैनोमैटिरियल्स, नैनोमेडिसिन, नैनोइलेक्ट्रॉनिक्स

1. **नैनोटेक्नोलॉजी का परिचय**– आजकल की व्यस्त जीवनशैली में नैनोटेक्नोलॉजी प्रत्येक स्थान पर पाई जाती है और यह जीवन शैली का एक महत्वपूर्ण हिस्सा बन गई है। देखा जाए तो यह तकनीक पहले भी हमारे बीच ही थी परन्तु इसपर अधिक शोध नहीं हुआ था और उतने साधन भी नहीं थे जितने आज हैं।अब विज्ञान इतना उन्नत हो गया है कि नए प्रकार के शोध हो रहे हैं और नैनोटेक्नोलॉजी को एक नई दिशा मिली है। वर्तमान में हमारी रोजमर्रा की आवश्यकता की वस्तुओं से लेकर मेडिसिन और बड़ी–बड़ी मशीनरी में नैनो टेक्नोलॉजी का उपयोग किया जा रहा है। अब वह समय नहीं रहा जब वैज्ञानिक अनुसंधान का तात्पर्य होता था बड़े–बड़े उपकरण, बड़े–बड़े प्रयोग, बड़ी–बड़ी प्रयोगशालायें और उन प्रयोगों में आने वाली बड़ी–बड़ी परेशानियाँ। जैसे–जैसे विज्ञान आगे बढ़ता गया, उपकरणों और तकनीकों का विकास होता गया, सुविधाएँ और साधन जुटते गए। अब तो लैब–ऑन––चिप (एक चिप पर समा सकने वाली प्रयोगशाला) का युग आ गया है। किसी महान व्यक्ति ने कहा था कि "विज्ञान की अगली सबसे बड़ी खोज एक बहुत छोटी वस्तु होगी"। क्या आप कल्पना कर सकते हैं कि शक्कर के दाने के बराबर के किसी ऐसे कम्प्यूटर की, जिसमें विश्व के सबसे बड़े पुस्तकालय की समस्त पुस्तकों की समग्र जानकारी संग्रहीत हो या किसी ऐसी मशीन की जो हमारी कोशिकाओं में घुसकर रोगकारक कीटाणुओं पर नज़र रख सके या फिर छोटे–छोटे कार्बन परमाणुओं से बनाए गये किसी ऐसे टेनिस रैकेट की जो साधारण रैकेट से कहीं अधिक हल्का और स्टील से कई गुना ज्यादा मजबूत हो। नैनोटेक्नोलॉजी और नैनोसाइंस में व्यक्तिगत परमाणुओं और अणुओं को देखने और नियंत्रित करने की क्षमता

सम्मिलित है। पृथ्वी पर सब कुछ परमाणुओं से बना है, जो भोजन हम खाते हैं, जो कपड़े हम पहनते हैं, यहाँ तक कि हम जिन इमारतों और घरों में रहते हैं।

2. **नैनोटेक्नोलॉजी की परिभाषा**– नैनो एक ग्रीक शब्द है, जिसका शाब्दिक अर्थ है सूक्ष्म, छोटा या बौना और नैनो ऐसे पदार्थ है जो अति सूक्ष्म आकार वाले तत्वों से बने होते हैं। अर्थात् यह टेक्नोलॉजी वह अप्लाइड साइंस है, जिसमें 100 नैनोमीटर से छोटे पार्टिकल्स पर भी काम किया जाता है। नैनोटेक्नोलॉजी अणुओं व परमाणुओं की इंजीनियरिंग है, जो भौतिकी, रसायन, बायोइन्फॉर्मेटिक्स व बायोटेक्नोलॉजी जैसे विषयों को आपस में जोड़ती है। नैनोटेक्नोलॉजी की मदद से नैनो आकार में पदार्थ को नियंत्रित करके कई ऐसे अनुप्रयोग किये जा सकते हैं जो सामान्य दशा में संभव नहीं होते हैं। नैनोटेक्नोलॉजी में काम आने वाले पदार्थों को नैनोमैटीरियल्स कहा जाता है। इस टेक्नोलॉजी की मदद से बायो साइंस, मेडिकल साइंस, इलेक्ट्रॉनिक्स आदि में क्रांतिकारी परिवर्तन लाया जा सकता है क्योंकि इससे किसी भी वस्तु को हल्का, मजबूत और भरोसेमंद बनाया जा सकता है। नैनोटेक्नोलॉजी या नैनोप्रौद्योगिकी, व्यवहारिक विज्ञान के क्षेत्र में, 1 से 100 नैनो (अर्थात 10^{-9} मीटर) स्केल में प्रयुक्त और अध्ययन की जाने वाली सभी तकनीकों और सम्बन्धित विज्ञान का समूह है। बक्मिनिस्तर फुल्लरीन् सी60, जिसे बकिबॉल भी कहतें हैं, जो कार्बन के सबसे सरल ढाचे, फुल्लरीन् हैं।[1] फुल्लरीन् परिवार के सदस्यों पर अनुसंधान नैनोटेक्नोलॉजी का महत्वपूर्ण विषय है। (**चित्र–2**) नैनोटेक्नोलॉजी में दो प्रमुख पद्धतियों को अपनाया गया है। पहली पद्धति में पदार्थ और उपकरण आणविक घटकों से बनाए जाते हैं जो अणुओं के आणविक अभिज्ञान के द्वारा स्वएकत्रण के रसायनिक सिद्धान्तों पर आधारित है। दूसरी पद्धति में नैनो–वस्तुओं का निर्माण बिना अणु–सतह पर नियंत्रण के, बडे सत्वों से किया जाता है। आधुनिक उपयोग में नैनोटेक्नोलॉजी के उदाहरण आणविक ढांचे पर आधारित पॉलीमर और सतह विज्ञान पर आधारित कम्प्यूटर चिप का निर्माण है। नैनोटेक्नोलॉजी में किसी भी पदार्थ की मॉलीक्यूलर असेंबलिंग(**चित्र–1**) को समझ कर उसके आकार को आपके बाल के आकार जितना छोटा बनाया जा सकता है और इसकी प्रोसेसिंग क्षमता भी आज की तुलना में कई गुना बेहतर होगी। इस टेक्नोलॉजी के कुछ उपयोग इस प्रकार हैं–

1. नैनोटेक्नोलॉजी से खाद बनाई जा सकती है जिससे फसल के उत्पादन को बढ़ाया जा सकता है।[2]
2. नैनोटेक्नोलॉजी का उपयोग कंप्यूटर और इलेक्ट्रॉनिक उपकरण में बहुत पहले से ही हो रहा है उदाहरण के लिए कंप्यूटर के सर्किट और प्रोसेसर को बनाने के लिए सिलिकॉन का उपयोग किया जाता है जो कि एक अर्धचालक है।[3]
3. इससे ऐसी सूक्ष्म दवा बनाई जा सकेगी, जो कैंसर की करोड़ों कोशिकाओं में से किसी एक को पहचान कर उसका अलग से इलाज कर सकेगी।[4]
4. आने वाले समय में इस टेक्नोलॉजी का उपयोग बल्ब में भी होगा जिसके कारण बिजली की खपत भी कम होगी और रोशनी भी अधिक होगी।[5]



चित्र–1: नैनोटेक्नोलॉजी की संरचना (**साभार–अंतरजाल**)

3. **नैनोटेक्नोलॉजी का उद्‌गम एवं क्रमिक विकास**– नैनोसाइंस और नैनोटेक्नोलॉजी के पीछे विचार और अवधारणाएं, 29 दिसंबर 1959 को कैलिफोर्निया इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी में एक अमेरिकी भौतिक सोसाइटी की बैठक में भौतिकशास्त्री रिचर्ड फेनमैन ने अपने एक व्याख्यान में कहा था कि "दैयर इज प्लेंटी ऑफ रूम एट द बोटम (आधार में काफी जगह है)" और यही वाक्य आगे चलकर नैनोटेक्नोलॉजी का आधारस्तम्भ बना।[6] अपने वक्तव्य में, फेनमैन ने एक प्रक्रिया का वर्णन भी किया जिसमें वैज्ञानिक अलग–अलग परमाणुओं और अणुओं को हेरफेर करने और नियंत्रित करने में सक्षम होंगे। फेनमैन ने एक विधि का उल्लेख किया जिसमें एकल अणुओं

और अणुकणिकाओं के प्रकलन हेतु सूक्ष्म यन्त्रों को बनाने का सुझाव है। रिचर्ड ने अपनी कल्पना में आने वाले कल का सपना देखा था। एक दशक बाद, अल्ट्राप्रेशर मशीनिंग के अपने अन्वेषण में, प्रोफेसर नोरियो तनिगुची ने नैनोटेक्नोलॉजी शब्द का प्रयोग किया था।[7] आधुनिक नैनोटेक्नोलॉजी का प्रारम्भ सन् 1981 में, स्कैनिंग टनलिंग माइक्रोस्कोप के आविष्कार और विकास के साथ हुआ जिससे एक–एक परमाणुओं को देखा जा सकता है।[9] फिर सन् 1986 में, एरिक ड्रेक्सलर ने अपनी पुस्तक"निर्माण के इंजन–द कमिंग एरा ऑफ नैनोटेक्नोलॉजी" में "नैनोटेक्नोलॉजी" शब्द का प्रयोग किया, जिसमें एक नैनोस्केल "असेंबलर" का विचार प्रस्तावित किया गया, जो परमाणु नियंत्रणजटिलता के साथ स्वयं और अन्य वस्तुओं की एक प्रति बनाने में सक्षम हुआ। दो आविष्कारों ने आधुनिक युग में नैनोटेक्नोलॉजी के विकास को बढ़ावा दिया। सबसे पहले, आई.बी.एम. ज्यूरिख रिसर्च लेबोरेटरी में गर्ड बिन्निग और हेनरिक रोहर द्वारा स्कैनिंग टनलिंग माइक्रोस्कोप का आविष्कार, जो व्यक्तिगत परमाणुओं और उनके बॉन्डस् का अनूठा दृश्य प्रदान करता है, और जिसका उपयोग व्यक्तिगत परमाणुओं में हेरफेर करने के लिए भी सफलतापूर्वक किया गया है। सन् 1986 में उन्हें इस माइक्रोस्कोप के आविष्कार के लिए भौतिकी में नोबेल पुरस्कार मिला। दूसरा, हैरी क्रुटो, रिचर्ड स्मली और रॉबर्ट कर्ल द्वारा "फुलरेंसेस (सी60)" की खोज, जिन्होंने मिलकर रसायन विज्ञान में 1996 का नोबेल पुरस्कार जीता। साठ से अधिक देशों ने 2001 और 2004 के बीच नैनो अनुसंधान और विकास कार्यक्रमों का सरकारी स्तर पर निर्माण किया। संयुक्त राज्य अमेरिका, जापान और जर्मनी में स्थित निगमों से आने वाले अधिकांश धनराशि के साथ सरकारी वित्तपोषण नैनोटेक्नोलॉजी अनुसंधान और विकास पर कॉर्पोरेट खर्च से अधिक था। 1970 और 2011 के बीच नैनोटेक्नोलॉजी आरएंडडी पर सबसे अधिक बौद्धिक पेटेंट दायर करने वाले शीर्ष पाँच संगठन थे सैमसंग इलेक्ट्रॉनिक्स (2578 प्रथम पेटेंट), निप्पॉन स्टील (1490 प्रथम पेटेंट), आई.बी.एम. (1360 प्रथम पेटेंट), तोशीबा (1298 प्रथम पेटेंट) और कैनन (1162 प्रथम पेटेंट)। 1970 और 2012 के बीच नैनोटेक्नोलॉजी अनुसंधान पर सबसे अधिक वैज्ञानिक शोधपत्र प्रकाशित करने वाले शीर्ष पाँच संगठन थे– चाइनीज एकेडमी ऑफ साइंसेज, रशियन एकेडमी ऑफ साइंसेज, सेंटर नेशनल डे ला रीचार्च साइंटिफिक, यूनिवर्सिटी ऑफ टोक्यो और ओसाका यूनिवर्सिटी।[10]

4. **मौलिक सिद्धांत तथा उपयोग में आने वाली सूक्ष्मदर्शियां**– एक नैनोमीटर मीटर का सौ करोडवां भाग, या 1 नैनो मीटर = 10^{-9} मीटरहोता है। इसलिए यह कल्पना करना बहुत मुश्किल है कि नैनोटेक्नोलॉजी कितनी छोटी है। परमाणु जितनी छोटी चीज को नग्न आंखों से देखना असंभव है। वास्तव में आमतौर पर उपयोग किए जाने वाले माइक्रोस्कोप के साथ परमाणुओं को देखना असंभव है।नैनोस्कोप में चीजों को देखने के लिए आवश्यक माइक्रोस्कोप का आविष्कार लगभग 30 साल पहले हुआ।स्कैनिंग टनलिंग माइक्रोस्कोप (एस.टी.एम.) और परमाणु बल माइक्रोस्कोप (ए.एफ.एम.) के साथ ही नैनोटेक्नोलॉजी का भी जन्म हुआ।नैनोटेक्नोलॉजी में प्रेक्षण के लिए उपयोग में आने वाली सूक्ष्मदर्शियां निम्नलिखितहैं–[11]

4.1 प्रकाशिकी सूक्ष्मदर्शी– नैनोटेक्नोलॉजी में प्रकाश की सहायता से प्रकाशिकी सूक्ष्मदर्शी द्वारा 250 नैनो मीटर आकार तक का वस्तुओं का अध्ययन किया जाता है।

4.2 इलेक्ट्रॉनिकी सूक्ष्मदर्शी– इलेक्ट्रॉनिकी सूक्ष्मदर्शी में प्रकाश किरण पुंज के स्थान पर त्वरित इलेक्ट्रॉन किरण पुंज की सहायता से 100 नैनो मीटर आकार तक की वस्तुओं का अध्ययन किया जाता है।

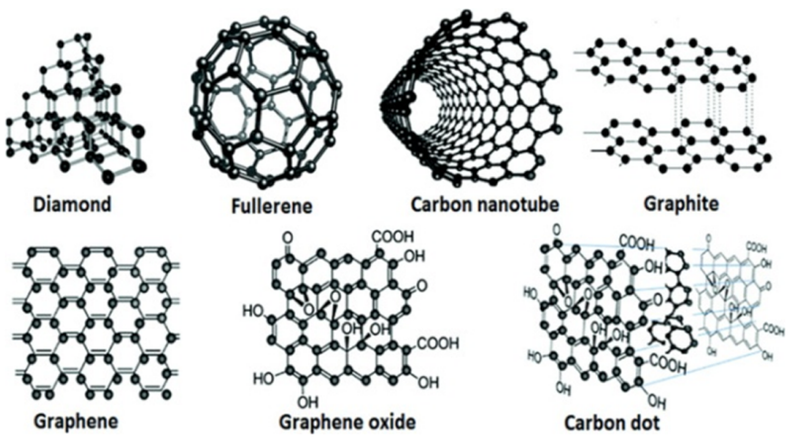
4.3 प्रोश स्केनिंग सूक्ष्मदर्शी– इसमें त्वरित इलेक्ट्रॉन किरण पुंज की सहायता से 1 नैनोमीटर आकार तक की वस्तुओं का अध्ययन किया जाता है।

यहाँ कुछ उदाहरण हैं जो यह समझने में मदद कर सकते हैं कि नैनोटेक्नोलॉजी कितनी छोटी है–

- एक इंच में 25400000 नैनोमीटर होते हैं।
- अखबार की एक शीट लगभग 100000 नैनोमीटर मोटी होती है।
- कार्बन अणुकणिकाओं में अणुओं के बीच की दूरी लगभग 12–15 नैनोमीटर होती है।
- डी.एन.ए. की चौडाई करीबन 2 नैनोमीटर है।
- अगर एक कंचा एक नैनोमीटर हो तो पृथ्वी एक मीटर होगी।
- खून की एक कोशिका 5000 नैनोमीटर की होती है तथा मनुष्य के एक अकेले बाल की मोटाई 80000 नैनोमीटर होती है।

5. **नैनोमैटेरियल क्या है?**– वैज्ञानिकों ने सर्वसम्मति से नैनोमैटीरियल की एक सटीक परिभाषा तय नहीं की है, परन्तु इस बात पर सहमत हैं कि नैनोमैटेरियल की विशेषता उनका बहुत छोटा आकार है जिसे नैनोमीटर में मापा जाता है। एक नैनोमीटर एक मिलीमीटर का एक मिलियनवां हिस्सा होता है अर्थात एक मानव बाल के व्यास से लगभग 100000 गुना छोटा आकार। नैनोमैटीरियल के कण प्रकृति में मौजूद हैं और इन्हें कई प्रकार के उत्पादों से बनाया जा सकता है, जैसे कार्बन या खनिज (चांदी, सोना इत्यादि)। परन्तु वैज्ञानिकों के अनुसार नैनो मैटीरियल्स में कम से कम एक आयाम होना चाहिये जो लगभग 100 नैनोमीटर से कम हो। अधिकांश नैनोस्केल सामग्री या नैनोमैटेरियल नग्न आँखों से या पारंपरिक लैब माइक्रोस्कोप से नहीं देखे जा सकते हैं। इस तरह के छोटे नैनोमैटीरियल को अक्सर इंजीनियर नैनोमीटर के रूप में संदर्भित किया जाता है, जो अद्वितीय ऑप्टिकल, चुम्बकीय, विद्युत और अन्य गुणो को ग्रहण कर सकते हैं। ये गुण इलेक्ट्रॉनिक्स,

चिकित्सा और अन्य कई क्षेत्रों में महान प्रभाव की क्षमता रखते हैं। नैनो मैटेरियल्स को सीमेंट, कपड़े और अन्य क्षेत्रों में काम आने वाली सामग्रियों से भी जोड़ा जा सकता है जिससे उनमें वांछित गुणों को विकसित कर मजबूत और हल्का तथा अधिक उपयोगी बनाया जा सके।इसी संदर्भ में एक शब्द और प्रचलन में है नैनो पदार्थ अर्थात् ऐसे पदार्थ जिनका आकार 1 से 100 नैनो मीटर के पैमाने के अंतर्गत होता है, नैनो पदार्थ कहलाते हैं।



चित्र–2: नैनोमैटेरियल का वर्गीकरण (**साभार–अंतरजाल**)

6. **नैनोटेक्नोलॉजी के वृहद अनुप्रयोग**– नैनोटेक्नोलॉजी के अनुप्रयोगों का अर्थ है नैनोटेक उत्पादों का व्यावसायीकरण, हालांकि अधिकांश अनुप्रयोग निष्क्रिय नैनोमैट्रिक्स के थोक उपयोग तक सीमित हैं। अगले कई दशकों में, नैनोटेक्नोलॉजी के अनुप्रयोगों में बहुत अधिक क्षमता वाले कंप्यूटर, विभिन्न प्रकार की सक्रिय सामग्री और सेलुलर–स्केल बायोमेडिकल डिवाइस सम्मिलित होंगे। नैनोटेक्नोलॉजी के कुछ अनुप्रयोग निम्नलिखित हैं–

6.1 **नैनोमेडिसिन एवं स्वास्थ्य में नैनोटेक्नोलॉजी**– नैनोमेडिसिन नैनोमीटर सामग्री और जैविक उपकरणों के मेडिकल अनुप्रयोगों से लेकर नैनोइलेक्ट्रॉनिक बायोसेंसर तक और यहाँ तक कि जैविक मशीनों जैसे आणविक नैनो तकनीक के संभावित भविष्य के अनुप्रयोगों तक, इस प्रकार नैनोमेडिसिन नैनोटेक्नोलॉजी का चिकित्सा अनुप्रयोग है। यद्यपि, नैनोस्केल सामग्री की विषाक्तता और पर्यावरणीय प्रभाव से संबंधित मुददों को समझना नैनोमेडिसिन के लिए प्रमुख समस्याएं हैं। वैज्ञानिकों की एक टीम ने एक नैनोमीजल्स बनाया है जिसका उपयोग स्तन, बृहदान्त्र और फेफड़ों के कैंसर सहित विभिन्न प्रकार के कैंसर के इलाज में प्रभावी दवा वितरण के लिये किया जा सकता है। कैंसर थेरेपी का लक्ष्य शरीर की स्वस्थ कोशिकाओं को नुकसान पहुँचाए बिना कैंसर कोशिकाओं को नष्ट करना है। कैंसर के उपचार के लिये अनुमोदित कीमोथैरेपी विभिन्न दुष्प्रभावों के साथ अत्यधिक विषाक्त होती है। इस प्रकार एक प्रभावी लक्षित दवा वितरण आवश्यक है। नैनोमीजल्स का निर्माण तब होता है जब एम्फिफिलिक अणु स्वयं को एक गोलाकार संरचना बनाने के लिये एकत्रित करते हैं, यह संरचना केवल 5 से 100 नैनोमीटर व्यास की होती है।[12] अलग–अलग एजेंटों का उपयोग नैनोमीजल्स बनाने के लिये किया जाता है, हालाँकि वे आम तौर पर सर्फैक्टेंट अणुओं के माध्यम से बनाए जाते हैं जो गैर–आयनिक, आयनिक और 'कैटायनिक डिटर्जेंट' हो सकते हैं। कुछ नैनोमीजल्स को लिपिड और डिटर्जेंट के मिश्रण से भी विकसित किया जा सकता है। हार्ट अटैक के लिये नैनोटेक डिटेक्टर। धमनियों में पट्टिका की जाँच करने के लिये नैनोचिप्स।नेत्र शल्य चिकित्सा, कीमोथेरेपी आदि के लिये नैनो कैरियर्स। रक्त शर्करा के स्तर को विनियमित करने के लिये डाइबेटिक पैड।मस्तिष्क संबंधी विकारों के चिकित्सीय उपचार के लिये मस्तिष्क में दवा वितरण हेतु नैनोकण। नैनोस्पॉन्ज लाल रक्त कोशिका झिल्ली के साथ लेपित बहुलक नैनोकण हैं, और विषाक्त पदार्थों को अवशोषित करने तथा उन्हें रक्तप्रवाह से हटाने के लिये इसका प्रयोग किया जा सकता है।नैनो फ्लेयर्स का उपयोग रक्तप्रवाह में कैंसर कोशिकाओं का पता लगाने के लिये किया जाता हैऔरडी.एन.ए. अनुक्रमण को और अधिक कुशल बनाने में नैनोपोर्स का उपयोग किया जाता है।

6.2 **नैनो इलेक्ट्रॉनिक्स**– नैनोइलेक्ट्रॉनिक उपकरणों में नैनोटेक्नोलॉजी के उपयोग को संदर्भित करता है। इस शब्द में विभिन्न प्रकार के उपकरणों और सामग्रियों को सम्मिलित किया गया है, जिनमें आम विशेषता यह है कि वे इतने छोटे हैं कि अंतर–परमाणु संपर्क और क्वांटम यांत्रिक गुणों का बड़े पैमाने पर अध्ययन करने की आवश्यकता है। इनमें सम्मिलित हैं: हाइब्रिड आणविक/अर्धचालक इलेक्ट्रॉनिक्स, एक–आयामी नैनोट्यूब/नैनोवायर (जैसे सिलिकॉन नैनोवायर या कार्बन नैनोट्यूब) या उन्नत आणविक इलेक्ट्रॉनिक्स।नैनोइलेक्ट्रॉनिक

उपकरणों में 1 नैनोमीटर और 100 नैनोमीटर के बीच आकार सीमा के साथ महत्वपूर्ण आयाम हैं। वर्तमान में सिलिकॉन मोसफेट (धातु–ऑक्साइड–सेमीकंडक्टर क्षेत्र–प्रभाव ट्रांजिस्टर) प्रौद्योगिकी पीढ़ी पहले से ही इस इलेक्ट्रॉनिक के भीतर हैं, जिसमें 22 नैनोमीटर सीएमओएस (कॉम्प्लीमेंटरी मेटल ऑक्साइड सेमीकंडक्टर) नोड्स और 14 नैनोमीटर, 10 नैनोमीटर और 7 नैनोमीटर फिनफेट(अंतिम क्षेत्र प्रभाव ट्रांजिस्टर) को शामिल करना सम्मिलित है। नैनोइलेक्ट्रॉनिक कभी–कभी एक विघटनकारी तकनीक के रूप में माना जाता है क्योंकि वर्तमान उपकरण पारंपरिक ट्रांजिस्टर से अत्यधिक भिन्न हैं।

6.3 **ऊर्जा में नैनोटेक्नोलॉजी**– ऊर्जा में नैनोटेक्नोलॉजी ऊर्जा के उत्पादन और भंडारण के लिए अधिक कुशल और टिकाऊ प्रौद्योगिकियों का विकास है। विज्ञान और इंजीनियरिंग के क्षेत्रों में लोग पहले से ही उपभोक्ता उत्पादों के विकास के लिए नैनोटेक्नोलॉजी के उपयोग के तरीके विकसित करना शुरू कर चुके हैं। इन उत्पादों के डिजाइन से पहले से देखे गए लाभ प्रकाश और हीटिंग की बढ़ी हुई दक्षता, विद्युत भंडारण क्षमता में वृद्धि और ऊर्जा के उपयोग से प्रदूषण की मात्रा में कमी है। नैनोफैब्रिकेशन, नैनोस्केल पर उपकरणों को डिजाइन करने और बनाने की प्रक्रिया नैनो–ऊर्जा से संबंधित एक महत्वपूर्ण उप–क्षेत्र है। यह 100 नैनोमीटर से छोटे उपकरण बनाने की क्षमता है। यह तकनीक ऊर्जा को पकड़ने, संग्रहीत करने और स्थानांतरित करने के नए तरीकों के विकास के लिए कई दरवाजे खोलती है। कुछ अन्य उदाहरण लिथियम–सल्फर आधारित उच्च–प्रदर्शन बैटरियों, सिलिकॉन–आधारित नैनो अर्धचालक, नैनोपार्टिकल फ़्यूल एडिटिव्स हैं। ऊर्जा में नैनोमीटर मैटेरियल्स ईंधन की ऊर्जा दक्षता को कई तरीकों से बढ़ा सकती है।

6.4 **कृषि क्षेत्र में नैनोटेक्नोलॉजी**– कृषि वैज्ञानिकों की मानें तो कृषि में नैनो कणों का उपयोग पौधों के प्रजनन, उनमें आनुवांशिक परिवर्तन, उर्वरक, नैनो–कीटनाशक, खरपतवारनाशी से लेकर फसलों के भंडारण, संरक्षण, उत्पादन, गुणवत्ता सुधार तथा फ्लेवर सभी तरह से हो रहा है। नैनोकणों के उपयोग ने न केवल फसलों की पैदावार में वृद्धि की है अपितु कृषि उपयोगी सूक्ष्मजीवों को भी बनाने में सहायता की है। इस तकनीक के ज़रिये खेती के तरीकों में बदलाव के अतिरिक्त कृषि अपशिष्ट और पर्यावरण प्रदूषण को कम करने में भी सहायता मिलेगी। इसके अतिरिक्त भंडारण, संरक्षण, गुणवत्ता के सुधार तथा फ्लेवर आदि के लिए भी नैनोटेक्नोलॉजी का प्रयोग हो सकता है।

6.5 **उद्योगों में नैनो नैनोटेक्नोलॉजी**– नैनोटेक्नोलॉजी को इस सदी में प्रौद्योगिकी और व्यवसाय का मुख्य चालक होने का अनुमान है और समाज के सभी पहलुओं पर महत्वपूर्ण प्रभाव के साथ उच्च प्रदर्शन सामग्री, बुद्धिमान प्रणालियों और नए उत्पादन के तरीकों का भी अनुमान है। नैनोटेक्नोलॉजी उपभोक्ता वस्तुओं के क्षेत्र को प्रभावित कर रही है, इसमें कई तरह के उत्पाद सम्मिलित हैं जो नैनोमैटिरियल्स से बने हैं और जो लोग इन उत्पादों का उपयोग करते हैं वास्तव में वे जानते भी नहीं कि इसमें नैनोपार्टिकल्स हैं। कुछ उदाहरण निम्न हैं; इसने कार बंपर को हल्का करना, कपड़ों को अधिक दाग से बचाना, सनस्क्रीन अधिक विकिरण–प्रतिरोधी है, सिंथेटिक हड्डियां अधिक मजबूत हैं, सेल फोन की स्क्रीन हल्के वजन की है, लम्बे समय तक शैल्फ लाइफ के लिए कांच की पैकेजिंग, और विभिन्न खेलों के लिए ज्यादा टिकाऊ वाली गेंदें। नैनोटेक का उपयोग करते हुए, मध्य अवधि के आधुनिक वस्त्र "स्मार्ट" बन जाएंगे, एम्बेडेड "पहनने योग्य इलेक्ट्रॉनिक्स" के माध्यम से, इस तरह के उपन्यास उत्पादों में विशेष रूप से सौंदर्य प्रसाधन के क्षेत्र में एक आशाजनक क्षमता है, और भारी उद्योग में कई संभावित अनुप्रयोग हैं।

6.6 **युद्ध में नैनोटेक्नोलॉजी**– युद्ध में नैनोटेक्नोलॉजी, नैनोसाइंस और तकनीक की एक शाखा है जिसमें आणविक प्रणालियों को नैनो–स्केल (1–100 नैनोमीटर) फिट करने के लिए डिज़ाइन, उत्पादन और बनाया जाता है। इस तरह की तकनीक के अनुप्रयोग ने, विशेष रूप से युद्ध और रक्षा के क्षेत्र में, हथियारीकरण के संदर्भ में भविष्य के अनुसंधान के लिए मार्ग प्रशस्त किया है।नैनोटेक्नोलॉजी का उपयोग करके युद्ध में उन्नति ने ऐसे नैनो–हथियारों के वर्गीकृत विकास को वर्गीकृत करने के लिए प्रेरित किया है जिनमें छोटे रोबोट मशीन, हाइपर–रिएक्टिव विस्फोटक और इलेक्ट्रोमैग्नेटिक सुपर–मैटीरियल सम्मिलित हैं।

6.7 **कार्बन नैनोट्यूब**– कार्बन नैनोट्यूब ग्राफीन की एक या अधिक परतों के सिलेंडर होते हैं। एकल–दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब और बहु–दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब के व्यास क्रमशः 0.8 से 2 नैनोमीटर और 5 से 20 नैनोमीटर हैं। कार्बन नैनोट्यूब की लंबाई 100 नैनोमीटर से कम से 0.5 मीटर तक होती है। कार्बन नैनोट्यूब का उपयोग ऊर्जा भंडारण, डिवाइस मॉडलिंग, मोटर वाहन भागों, नाव के पतवार, खेल के सामान, पानी के फिल्टर, पतली–फिल्म इलेक्ट्रॉनिक्स, कोटिंग्स, एक्ट्यूएटर, और विद्युत चुम्बकीय ढाल में किया जाता है।

6.8 **नैनोबायोटेक्नोलॉजी**– नैनोबायोटेक्नोलॉजी हाल ही में उभरा है जो विभिन्न संबंधित तकनीकों के लिए व्यापक शर्तों के रूप में कार्य करता है। जीव विज्ञान के लिए यह तकनीकी दृष्टिकोण वैज्ञानिकों को जैविक अनुसंधान के लिए प्रयोग की जाने वाली प्रणालियों की

कल्पना करने और बनाने की अनुमति देता है। जैविक रूप से प्रेरित नैनोटेक्नोलॉजी जैविक प्रणालियों का उपयोग उन प्रौद्योगिकियों के लिए प्रेरणा के रूप में करती है जो अभी तक नहीं बनी हैं। हालाँकि, नैनोटेक्नोलॉजी और बायोटेक्नोलॉजी के साथ–साथ बायोटेक्नोलॉजी में भी इससे जुड़े कई संभावित नैतिक मुद्दे हैं।

6.9 **पर्यावरणीय स्थिरता को बढ़ाने के लिए नैनोटेक्नोलॉजी**– पर्यावरणीय स्थिरता को बढ़ाने के लिए नैनोटेक्नोलॉजी उपयोगी हो सकती है, जिसका अर्थ है स्थिरता को बढ़ाने के लिए नैनोटेक्नोलॉजी के उत्पादों का उपयोग। इसमें ग्रीन नैनो–उत्पाद बनाना और स्थिरता के समर्थन में नैनो–उत्पादों का उपयोग करना सम्मिलित है। ग्रीन नैनोटेक्नोलॉजी को स्वच्छ प्रौद्योगिकियों के विकास के रूप में वर्णित किया गया है जिसका अर्थ है कि नैनो–उत्पादों के निर्माण और उपयोग से जुड़े संभावित पर्यावरणीय और मानव स्वास्थ्य जोखिमों को कम करना और नए नैनो–उत्पादों के साथ मौजूदा उत्पादों के प्रतिस्थापन को प्रोत्साहित करना जो कि पूरे जीवन चक्र पर्यावरण के अनुकूल रहे। नैनो फिल्टर का उपयोग वाहनो, कारखानों और अन्य प्रदूषण फैलाने वाले उपक्रमों से प्रदूषकों को वातावरण में जाने से रोकता है। ऐसे कई प्रकार के नैनोरोबोट जो भूतकाल के प्रदूषण को कम करने और भविष्य के होने वाले प्रदूषण को फैलने से रोकने में कारगर हो, का निर्माण अमेरिका और अन्य कई देशों द्वारा किया जा रहा है जैसे– वायु प्रदूषण हेतु वायुजनित रोबोट, जल प्रदूषण रोकने के लिये जल जनित नैनो रोबोट तथा ओजोन परत के क्षय को रोकने के लिये सिल्वर जनित नैनो रोबोट।

6.10 **ऑटो मोबाइल क्षेत्र में नैनोटेक्नोलॉजी**– नैनो तकनीक से ऑटो मोबाइल की माइलेज और प्रदूषण की समस्याओ का हल सम्भव है। इस तकनीक से स्टील से मजबूत और हल्के पदार्थ बनाए जा सकते हैं जिससे अधिक माइलेज प्राप्त हो। प्रदूषण की समस्या के हल के लिये ऐसे नैनो फिल्टर का निर्माण सम्भव है जो वाहनों के धुएं से कार्बन–डाई ऑक्साइड, कार्बन–मोनो ऑक्साइड, नाइट्रोजन, सल्फर के ऑक्साइड और अन्य प्रदूषको को वायुमण्डल में मिलने से रोकने में सक्षम हो।

7. **सरकारी पहल एवं अनुसंधान के मुख्य आयाम**– नैनो विज्ञान और प्रौद्योगिकी पहले वर्ष 2001 में विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग द्वारा स्थापित किया गया था, जिसमें ड्रग्स, दवा वितरण, जीन लक्ष्यीकरण और डी.एन.ए. चिप्स सहित नैनोमीटर से संबंधित बुनियादी ढाँचे के विकास, अनुसंधान और अनुप्रयोग कार्यक्रमों से संबंधित मुद्दों पर ध्यान केंद्रित किया गया था। नैनो विज्ञान और प्रौद्योगिकी मिशन वर्ष 2007 में प्रारम्भ किया गया एक अम्ब्रेला कार्यक्रम है जिसका उद्देश्य नैनोटेक्नोलॉजी में अनुसंधान और विकास को बढ़ावा देना है। इसके उद्देश्यों में भारत में नैनोटैक्नोलॉजी के क्षेत्र में मूलभूत अनुसंधान को प्रोत्साहन देना, मिशन के लिये आवश्यक आधारभूत ढाँचे का विकास करना, नैनो मिशन के तहत अनुप्रयोगो और तकनीकी विकास को विकसित करना, नैनो टेक्नोलॉजी के विकास के लिये प्रशिक्षित एव सक्षम मानव संसाधन तैयार करनासाथ ही इस क्षेत्र में नई–नई तकनीकों और अनुसंधान के लिये अंतर्राष्ट्रीय सहयोग प्राप्त करना। प्रो0 सी. एन. राव को भारतीय नैनोटेक्नोलॉजी का पिता कहा जाता है। भारत के नैनो मिशन में कई मिशन मोड परियोजनाएं चलाई गई जिनमें भारत के साथ जापान, रूस, जर्मनी, यूक्रेन, ताइवान और इटली का सहयोग रहा और कई परियोजनाओं पर अनुसंधान किया गया। भारत की तरफ से नैनोटैक्नोलॉजी पर मुख्यतः आई.आई.टी. मद्रास, बनारस हिंदू विश्वविद्यालय, डी.आर.डी.नैनो संस्थान, मुम्बई और चण्डीगढ़ स्थित भारतीय उपकरण संस्थान कार्यरत है। अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर मान्यता प्राप्त 10–8 से 10–9 आकार वाले कणों को छानने में सक्षम इस नैनो फिल्टर का विकास आई.आई.टी. मद्रास और बनारस हिंदू विश्वविद्यालय द्वारा किया गया है। यह फिल्टर प्रदूषण को रोकने के लिये सहायक है। एल.ई.डी. से भी अधिक उर्जा दक्ष नैनो बल्ब का निर्माण वैज्ञानिक और औद्योगिक अनुसंधान परिषदके डॉ0 भार्गव के मार्गदर्शन में किया गया है। स्वास्थ्य के क्षेत्र में प्रो0 एस. के. सूद के नेतृत्व में टाइफाइड को प्रारम्भिक अवस्था में ही पहचानने वाली ऐसी डाइग्नोस्टिक किट का आविष्कार किया है। भारतीय उपकरण संस्थान, चंडीगढ ने विश्व स्तर पर टेनिस बल्ले में प्रयोग होने वाली कार्बन नैनो ट्यूब का विकास किया है और मानव शरीर में इंजेक्शन से रोगो का पता लगाने और उपचार करने में सक्षम नैनो रोबोट का विकास भी इस संस्थान द्वारा किया गया है। दिल्ली विश्वविद्यालय के प्रो0 ए.के. मिश्र की पहल परएआरसीआई ऐसे मेडिकल तंत्र पर कार्यरत है जो ऐसी दवा विकसित कर रहे हैं जो सिर्फ रोगी कोशिका को ही प्रभावित करेगी अन्य कोशिकाओं को नहीं। ऐसी औषधियो को ही "बुद्धिमान औषधि" की संज्ञा दी गई है। वर्तमान परिप्रेक्ष्य मे नैनोटैक्नोलॉजी का अध्ययन/अनुसंधान के मुख्यतः दो आयाम है–[13]

7.1 **ऊपर से नीचे**– नैनोटैक्नोलॉजी के इस प्रकार के अध्ययन/अनुसंधान में बड़े आकार के पदार्थों को छोटा करने का प्रयास किया जाता है। अनुसंधान के इस आयाम की खोज 1974 में जापानी प्रोफेसर नोरियो तानीगुची ने की थी। इस तरह के अनुसंधान में नैनो कण, नैनो सम्मिश्रण, नैनो मध्यवर्ती जैसी संरचनाए प्राप्त की जाती हैं।

7.2 **नीचे से ऊपर**– नैनो टैक्नोलॉजी के इस आयाम में पदार्थ के छोटे–छोटे अणुओं को जोड़–जोड़ कर बड़ा कर नैनो संरचना प्राप्त की जाती है। इस आयाम की खोज अमेरिकी वैज्ञानिक ऐरिक डेक्सलर ने 1979 में की थी। ऐरिक डेक्सलर ने ए.एफ.एम. का निर्माण किया जिससे परमाणु का चित्र लिया जा सकता है और इसी खोज के लिये उन्हे 1987 में नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ ।

8. **नैनोटेक्नोलॉजी के प्रभाव एवं समस्याएं**– नैनोटेक्नोलॉजी एक बेहतरीन तकनीक है परन्तु इसके कई मुद्दे और प्रभाव भी हैं, जो इंडस्ट्रियल–स्केल मैन्युफैक्चरिंग और नैनोमैटिरियल्स के उपयोग से मानव स्वास्थ्य और पर्यावरण पर बुरा असर डालेंगे। सार्वजनिक

स्वास्थ्य अनुसंधान एजेंसियां, जैसे कि नेशनल इंस्टीट्यूट फॉर ऑक्यूपेशनल सेफ्टी एंड हेल्थ, सक्रिय रूप से नैनोकणों से होने वाले संभावित स्वास्थ्य प्रभावों पर शोध कर रही हैं। एयरबोर्न नैनोकणों और नैनोफाइबर्स को साँस लेने से कई फुफ्फुसीय रोग हो सकते हैं। नेचर नैनोटेक्नोलॉजी में प्रकाशित एक हाल ही के अध्ययन से पता चलता है कि कार्बन नैनोट्यूब के कुछ रूप एस्बेस्टस की तरह हानिकारक हो सकते हैं यदि पर्याप्त मात्रा में साँस द्वारा अंदर जाएं। नैनोटेक्नोलॉजी की मुख्य समस्याएं निम्नलिखित हैं–[14]

1. नैनोटेक्नोलॉजी की सबसे बडी समस्या यह है कि जहाँ यह तकनीक सैद्धांतिक रूप से मान्य और स्वीकार्य है परन्तु इस अवधारणा को प्रायोगिक रूप से धरातल पर लाना दुष्कर कार्य है क्योंकि नैनो स्तर पर परमाणुओं को जोड़–तोड़ करने में सक्षम उपकरणों का विकास एक मुख्य चुनौती है।
2. इसके साथ–साथ यह तकनीक बहुत ही ज्यादा खर्चीली है और इसके लिये प्रशिक्षित मानव संसाधन की भी बहुत कमी है ।
3. नैनो स्तर पर पदार्थों के मौलिक गुणों को बनाए रखना भी एक चुनौती है क्योंकि नैनो स्तर पर कई पदार्थ अपने मौलिक गुण खो देते हैं।
4. जैसे डी.एन.ए. अपनी प्रतिकृति स्वयं बना लेता है तो इस बात का संशय बना रहेगा कि नैनो स्तर पर यदि स्व निर्माण की प्रक्रिया प्रारम्भ हो गई तो जटिल समस्या उत्पन्न हो सकती हैं।
5. नैनो स्तर पर कार्य करने के लिए परमाणुओ के बीच बंधों को तोड़ने और जोड़ने के लिये अधिक उर्जा की आवश्यकता होगी जो काफी चुनौतीपूर्ण होगा।
6. इन सब के अतिरिक्त जागरुकता का अभाव और नई तकनीक को सहज स्वीकार नहीं करने की मानवीय प्रकृति भी एक अप्रत्यक्ष समस्या है।

9. **निष्कर्ष**– नैनोटेक्नोलॉजी कई नई सामग्रियों और उपकरणों का निर्माण करने में सक्षम हो सकती है, जिसमें अनुप्रयोगों की एक विशाल श्रृंखला, जैसे कि नैनोमेडिसिन, नैनोइलेक्ट्रॉनिक्स, बायोमैटीरियल्स ऊर्जा उत्पादन और उपभोक्ता उत्पाद सम्मिलित हैं। दूसरी ओर नैनोटेक्नोलॉजी किसी भी नई तकनीक के समान ही कई मुद्दों को उठाती है, जिसमें नैनोमीरियल्स के विषाक्तता और पर्यावरणीय प्रभाव और वैश्विक अर्थशास्त्र पर उनके संभावित प्रभावों के साथ–साथ विभिन्न प्रलय के दिनों के बारे में अटकलें सम्मिलित हैं। नैनोटेक्नोलॉजी के मुद्दों और प्रभावों को दूर करने के लिए वैज्ञानिकों के सामने कई चुनौतियां हैं। नैनोटेक्नोलॉजी को अपनी पूर्ण क्षमता तक ले जाने के लिए उन्हें अभी भी बहुत अधिक शोध और विकास की आवश्यकता है।

References

1. Roco, M. C.; Bai, C.L.; Fissan, H. J.; Schoonman, J.; Hayashi, C. and Oda, M. (1998) Review of National Research Programmes, Nanoparticle and Nanotechnology Research, Joutnal of Aerosol Science, vol. 29, no. 5/6, pp. 749–760.
2. Siegel, R.; Hu, E.; Cox, D. M.; Goronkin, H.; Zelinsky, L.; Coach, C. C.; Mendel, J.; Roco, M.C. and D.T. Shaw (1999) Nanostructure Science and Technology: Status of Research and Development and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials and Nanodevices, WTEC Editor: G.M. Holdridge, Kluwer Academic Publishers, N.L., pp. 336.
3. Wang, Z. L. (2008) Energy Harvesting for Self-Powered Nanosystems, Nano Research, vol. 1, pp.1-8.
4. Sobolev, K. and Gutierrez, M. F. (2005) How Nanotechnology Can Change the World, American Ceramic Society Bulletin, vol. 84, no. 10, pp.14-16.
5. George, S. (2015) Nanomaterial Properties: Implications for Safe Medical Applications of Nanotechnology in Endodontics, Springer, pp. 45–69.
6. Bhattacharya, D. et al. (2009) Nanotechnology, Big Things from a Tiny World: A Review, International Journal of You and E-Services, Science and Technology, vol. 2, no. 3, pp. 771-778.
7. Lusk, Mark T. and Lincoln D. Carr. (2008) Nanoengineering Defect Structures on Graphene, Physical Review Paper 100.17, p. 175503.
8. Handbook on Nanoscience (2007) Engineering and Technology, 2nd Edition, Taylor and Francis.
9. https://www.hi.wikipedia.org
10. http://www.unrevealedfiles.com
11. https://www.hktbharat.com
12. http://www.understandingnano.com
13. https://www.rpscgyan.com
14. https://www.thelogically.in