1. बुनियादी अवधारणाएँ (Basic Concepts)

1.1. नैनोटेक्नोलॉजी

- नैनोटेक्नोलॉजी परमाणु या आणविक पैमाने (atomic or molecular scale) पर कार्यात्मक प्रणालियों की इंजीनियरिंग है।
- यह नैनोस्केल पर सामग्री बनाने के लिए परमाणुओं और अणुओं को पुनर्व्यवस्थित करने और संसाधित करने की तकनीक को संदर्भित करता है।
- नैनोटेक्नोलॉजी में रसायन विज्ञान, जीव विज्ञान, भौतिकी, और सामग्री विज्ञान अभियांत्रिकी जैसे क्षेत्रों में नैनोस्केल विज्ञान, अभियांत्रिकी और प्रौद्योगिकी शामिल है।
- यह प्रौद्योगिकी आणविक स्तर पर पदार्थ के हेरफेर, मौलिक रूप से नए आणविक संगठन के साथ नई संरचनाओं के निर्माण और नैनोस्केल पर संपत्ति के उपयोग को सक्षम बनाती है।

1.2. नैनोस्केल (Nanoscale)

- नैनोस्केल लगभग 1 और 100 नैनोमीटर के बीच के आयामों से संबंधित है। उससे बड़ा आयाम माइक्रोस्केल है और उससे छोटा परमाणु स्केल है।
- नैनोस्केल पर वस्तुएँ इतनी छोटी होती हैं कि उन्हें प्रकाश सूक्ष्मदर्शी से भी नहीं देखा जा सकता है। नैनो-वैज्ञानिक नैनोस्केल पर किसी भी चीज़ का निरीक्षण करने के लिए स्कैनिंग टनलिंग माइक्रोस्कोप या परमाणु बल माइक्रोस्कोप जैसे उपकरणों का उपयोग करते हैं।

1.3. नैनोमटेरियल्स (Nanomaterials)

- नैनोमटेरियल्स को ऐसी सामग्री के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जिसमें कम से कम एक बाहरी आयाम हो जिसकी माप 100 नैनोमीटर या उससे कम हो या जिसकी आंतरिक संरचना 100 नैनोमीटर (nm) या उससे कम हो। वे कण, ट्यूब, छड़ या फाइबर के रूप में हो सकते हैं।
- नैनोमटेरियल स्वाभाविक रूप से उत्पन्न हो सकते हैं, इंजीनियरिंग के माध्यम से उद्देश्यपूर्ण ढंग से उत्पादित किए जा सकते हैं या किसी विशेष कार्य को करने के लिए दहन प्रतिक्रियाओं के उप-उत्पाद के रूप में बनाए जा सकते हैं।

1.4. नैनो विज्ञान (Nanoscience)

- नैनो विज्ञान संरचनाओं और अणुओं का अध्ययन है जो नैनोमीटर के स्केल पर 1 और 100 nm के बीच होते हैं।
- वास्तविक अनुप्रयोगों में नैनो विज्ञान का उपयोग करने वाली तकनीक को नैनो टेक्नोलॉजी कहा जाता है।

1.5. नैनोइंजीनियरिंग (Nanoengineering)

- नैनोइंजीनियरिंग इंजीनियरिंग का वह क्षेत्र है जो बहुत छोटे पैमाने पर सामग्रियों के अध्ययन, विकास और शोधन पर केंद्रित है।

- संक्षेप में, यह नैनोस्केल पर इंजीनियरिंग का अभ्यास है और इसे नैनोविज्ञान के वास्तविक अनुप्रयोग के रूप में सोचा जा सकता है।

नैनोटेक्नोलॉजी का इतिहास (History of Nanotechnology)

- अमेरिकी भौतिक विज्ञानी और नोबेल पुरस्कार विजेता रिचर्ड फेनमैन ने 1959 में नैनोटेक्नोलॉजी की अवधारणा पेश की थी।
    - फेनमैन ने कैलिफोर्निया इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी (कैलटेक) में अमेरिकन फिजिकल सोसाइटी की वार्षिक बैठक में "नीचे काफी जगह है" (There's Plenty of Room at the Bottom) शीर्षक से एक व्याख्यान प्रस्तुत किया था।
- शब्द "नैनोटेक्नोलॉजी" को 1974 में टोक्यो साइंस यूनिवर्सिटी के प्रोफेसर नोरियो तानिगुची द्वारा इस प्रकार परिभाषित किया गया था: "'नैनो-टेक्नोलॉजी' में मुख्य रूप से एक परमाणु या एक अणु द्वारा सामग्रियों का प्रसंस्करण, पृथक्करण, समेकन और विरूपण शामिल है।"
- नैनो-स्केल के तकनीकी महत्व को डॉ. के. एरिक ड्रेक्सलर ने अपनी पुस्तक "इंजन्स ऑफ क्रिएशन: द कमिंग एरा ऑफ नैनोटेक्नोलॉजी" (1986) में प्रचारित किया था।

2. नैनोस्केल (Nanoscale)

2.1. नैनोस्केल के व्यवहार को नियंत्रित करने वाले कारक (Factors that Govern the Behaviour of Nanoscale)

नैनोस्केल में घटाई गई सामग्रियां मैक्रो-स्केल पर प्रदर्शित होने वाली सामग्री की तुलना में अलग-अलग गुण दिखा सकती हैं, जिससे विभिन्न अपरंपरागत तरीकों से उन सामग्रियों के अनूठे अनुप्रयोगों को सक्षम किया जा सकता है। उदाहरण के लिए:

- ताँबा जैसे अपारदर्शी पदार्थ पारदर्शी हो जाते हैं।
- प्लैटिनम और सोना जैसे अक्रिय पदार्थ उत्प्रेरक बन जाते हैं।
- एल्यूमीनियम जैसी स्थिर सामग्री दहनशील हो जाती है।
- सोने जैसे ठोस पदार्थ कमरे के तापमान पर तरल पदार्थ में बदल जाते हैं।
- सिलिकॉन जैसे इंसुलेटर कंडक्टर बन जाते हैं।

नैनोस्केल पर पदार्थों का अनियमित व्यवहार दो कारकों द्वारा नियंत्रित होता है:

- **क्वांटम यांत्रिकी** (Quantum Mechanics): जब किसी पदार्थ को नैनोस्केल में घटाया जाता है तो यह क्वांटम यांत्रिकी के नियमों का पालन करना शुरू कर देता है जो शास्त्रीय भौतिकी से बहुत अलग होते हैं, जिसके परिणामस्वरूप नैनोस्केल पर पदार्थों का व्यवहार अलग और अद्वितीय गुण दिखाना शुरू कर देता है।
- **सतह से आयतन अनुपात** (Surface to Volume Ratio): नैनोस्केल पर किसी पदार्थ का सतह से आयतन अनुपात काफी अधिक बढ़ जाता है जिसके परिणामस्वरूप एक ही सामग्री के गुण

सामान्य से भिन्न हो जाते हैं। नैनोस्केल पर सतह क्षेत्र में वृद्धि के कारण सामग्रियों के गलनांक भी बदल सकते हैं।

2.2. टॉप-डाउन दृष्टिकोण और बॉटम-अप दृष्टिकोण (Top-down and Bottom-up Approaches)

मूल रूप से नैनोस्केल वस्तुओं को बनाने के दो तरीके हैं: टॉप-डाउन दृष्टिकोण और बॉटम-अप दृष्टिकोण।

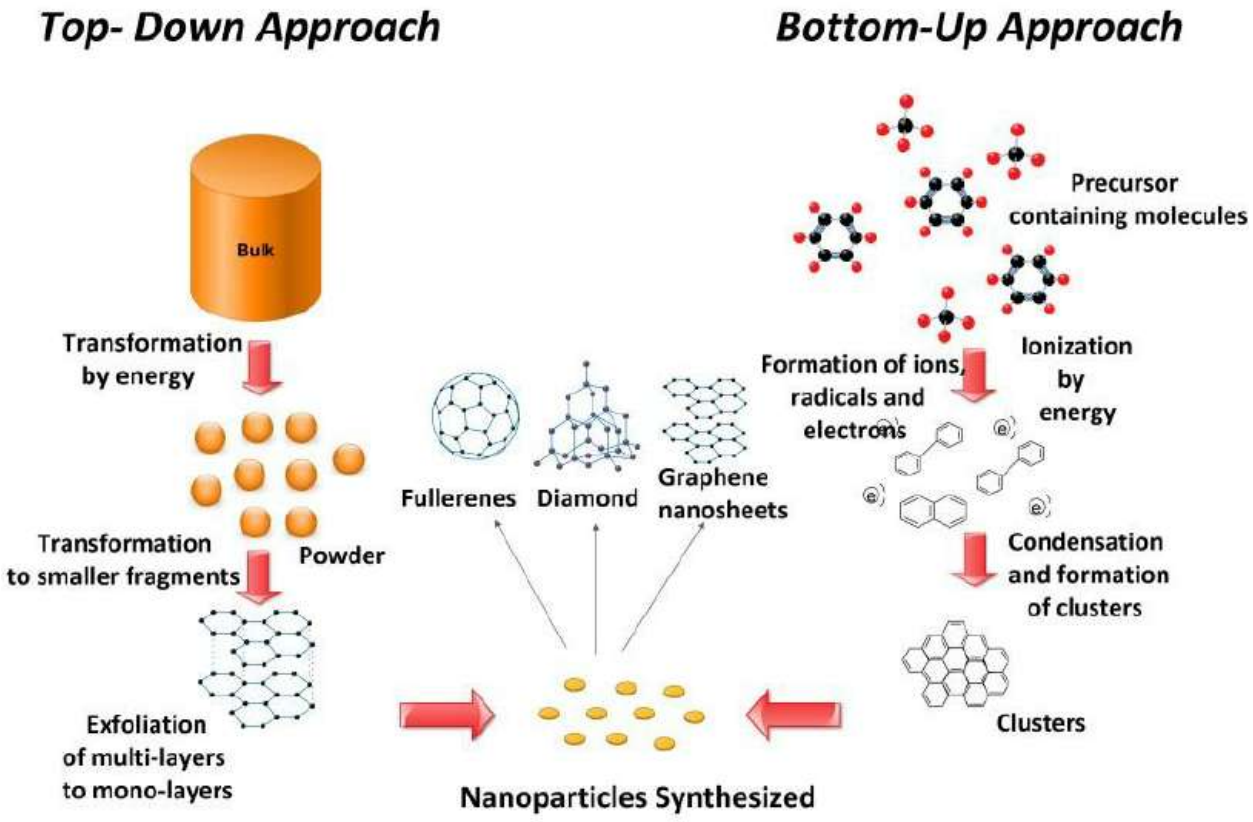

Figure.1. कार्बन-आधारित नैनोमटेरियल्स के संश्लेषण में टॉप-डाउन और बॉटम-अप दृष्टिकोण

टॉप-डाउन दृष्टिकोण

- नैनोटेक्नोलॉजी के टॉप-डाउन दृष्टिकोण में एक बड़ी मूल इकाई से नैनो-ऑब्जेक्ट्स का निर्माण शामिल है।
- इस प्रकार के निर्माण में लिथोग्राफिक पैटर्निंग तकनीकों का उपयोग किया जाता है जिसके द्वारा एक थोक सामग्री को नैनोस्केल पैटर्न के आकार में कम किया जाता है।
- यह बड़े पैमाने पर उत्पादन के लिए महंगा और समय लेने वाला है लेकिन प्रयोगशाला प्रयोग के लिए बहुत उपयुक्त है।

बॉटम-अप दृष्टिकोण

- यह तुलनात्मक रूप से एक नया दृष्टिकोण है जहां परमाणुओं और अणुओं के संयोजन द्वारा नैनो संरचना का निर्माण किया जा सकता है। इन तकनीकों में रासायनिक संश्लेषण, स्व-संयोजन और स्थितीय संयोजन शामिल हैं।
- यह दृष्टिकोण समानांतर में उपकरणों का उत्पादन करने में सक्षम है और टॉप-डाउन तरीकों की तुलना में बहुत सस्ता है, लेकिन बॉटम-अप दृष्टिकोण में वांछित असेंबली का आकार और जटिलता बढ़ जाता है।

3. नैनोमटेरियल्स (Nanomaterials)

3.1. नैनोमटेरियल्स का लक्षण वर्णन (Characterization of Nanomaterials)

भौतिक लक्षण वर्णन में शामिल है

- आकार, विशिष्ट सतह क्षेत्र, और चौड़ाई और ऊंचाई का अनुपात।
- उनका एक साथ रहना।
- क्रिस्टल संरचना और किसी भी क्रिस्टल दोष सहित संख्या आकार वितरण और संरचना।
- उनकी सतह कितनी चिकनी या ऊबड़-खाबड़ है और वे कितनी अच्छी तरह घुल सकते हैं।

रासायनिक लक्षण वर्णन में शामिल है

- आणविक संरचना, संरचना (शुद्धता, और अशुद्धता या योज्य) और सतह रसायन विज्ञान।
- चाहे वह ठोस, तरल या गैस में आयोजित हो, और पानी के अणुओं या तेल और वसा के प्रति आकर्षित हो।

3.2. नैनोमटेरियल्स के गुण (Properties of Nanomaterials)

गुण	विवरण
यांत्रिक	सतह परमाणुओं और इंटरफेस की बढ़ती संख्या के कारण नैनोमटेरियल्स अलग-अलग यांत्रिक गुण दिखाते हैं। इसमें बढ़ी हुई मज़बूती, चीमड़पन, कठोरता, लचीलापन और कम लोच शामिल है।
थर्मल	ग्रेन बाउंड्रीज की संख्या बढ़ने से अव्यवस्थित बाउंड्रीज पर फोनन प्रकीर्णन बढ़ जाता है और परिणामस्वरूप तापीय चालकता कम हो जाती है। इस प्रकार, पारंपरिक सामग्रियों की तुलना में नैनोमटेरियल्स में कम तापीय चालकता होती है।
विद्युतीय	नैनोमटेरियल्स में बड़े सामग्रियों की तुलना में कम विद्युत चालकता होती है। उनमें ग्रेन बाउंड्रीज का उच्च घनत्व होता है, जो इलेक्ट्रिक-फोनन और फोनन-फोनन प्रकीर्णन को प्रभावी बनाते है और चालकता को कम करते है।

चुंबकीय	नैनोस्ट्रक्चर वाली सामग्रियों में उच्च संतृप्ति चुंबकीयकरण और चुंबकीय सहवर्ती मूल्य होते हैं। नैनोकण बाहरी चुंबक की उपस्थिति में चुंबकीय हो जाते हैं, लेकिन बाहरी चुंबक हटा दिए जाने पर अचुंबकीय अवस्था में वापस आ जाते हैं।
गलनांक	गलनांक अवसाद की घटना नैनोमटेरियल्स में बहुत प्रमुख है। वे बड़े सामग्रियों की तुलना में कम तापमान पर पिघलते हैं।
ऑप्टिकल	नैनोमटेरियल्स विशिष्ट ऑप्टिकल विशेषताएं जैसे अवशोषण, संचरण, प्रतिबिंब, अधिक प्रकीर्णन और प्रकाश उत्सर्जन का प्रदर्शन करते हैं। नैनोकणों के आकार और माप को उनके ऑप्टिकल गुणों को बदलने के लिए बदला जा सकता है।

3.3. नैनोमटेरियल के प्रकार (Types of Nanomaterials)

- **अकार्बनिक-आधारित नैनोमटेरियल:** इसमें विभिन्न धातु और धातु ऑक्साइड नैनोमटेरियल शामिल होते हैं।
    - **धातु-आधारित अकार्बनिक नैनोमटेरियल के उदाहरण:** चांदी, सोना, कैडमियम, तांबा, लोहा, जस्ता आदि।
    - **धातु ऑक्साइड-आधारित अकार्बनिक नैनोमटेरियल के उदाहरण:** जिंक ऑक्साइड, कॉपर ऑक्साइड, मैग्नीशियम एल्यूमीनियम ऑक्साइड, टाइटेनियम डाइऑक्साइड, आयरन ऑक्साइड, आदि।
- **कार्बन-आधारित नैनोमटेरियल:** इसमें गैर-धातुओं से बने नैनोमटेरियल शामिल हैं और इस प्रकार ग्राफीन, फुलरीन, सिंगल-वॉल्ड कार्बन नैनोट्यूब, मल्टी-वॉल्ड कार्बन नैनोट्यूब, कार्बन फाइबर, सक्रियित कार्बन और कार्बन ब्लैक शामिल हैं।
- **कार्बनिक-आधारित नैनोमटेरियल:** कार्बन सामग्री को छोड़कर कार्बनिक पदार्थों से निर्मित, उदाहरण के लिए, डेंड्रिमर, लिपोसोम इत्यादि।
- **संमिश्रित नैनोमटेरियल:** ये धातु-आधारित, धातु ऑक्साइड-आधारित, कार्बन-आधारित, और/या कार्बनिक-आधारित नैनोमटेरियल्स का कोई संयोजन हैं। इन नैनोमटेरियल्स में धातु-कार्बनिक ढांचे की तरह जटिल संरचनाएं होती हैं।

3.3.1. कार्बन नैनोट्यूब (Carbon Nanotube-CNT)

- कार्बन नैनो-ट्यूब (जिन्हें बकी-ट्यूब के नाम से भी जाना जाता है) कार्बन का एक अपररूप (allotrope) हैं। ये खोखले, ट्यूबलर और बंदी अणु होते हैं, जिनका व्यास नैनोस्केल पर मापा जाता है।
- वे षट्कोण के शीर्ष पर कार्बन अणुओं के साथ निरंतर अखंड षट्कोणीय जाल से बने होते हैं।

- कार्बन नैनोट्यूब में बंधन sp^2 होता है, जिसमें ग्रेफाइट की तरह प्रत्येक कार्बन परमाणु एक ही तल में तीन अन्य कार्बन परमाणुओं से बंधा होता है। इसलिए CNT को रोल्ड-अप ग्राफीन शीट के रूप में माना जा सकता है (ग्राफीन एक व्यक्तिगत ग्रेफाइट की परत है)।
- CNTs दो प्रकार के होते हैं: सिंगल-वॉल कार्बन नैनो-ट्यूब (SWCN) और मल्टीपल-वॉल कार्बन नैनो-ट्यूब (MWCN)।
- इन बेलनाकार कार्बन अणुओं में असामान्य गुण होते हैं, जो नैनो टेक्नोलॉजी, इलेक्ट्रॉनिक्स, ऑप्टिक्स और सामग्री विज्ञान और प्रौद्योगिकी के लिए मूल्यवान हैं।

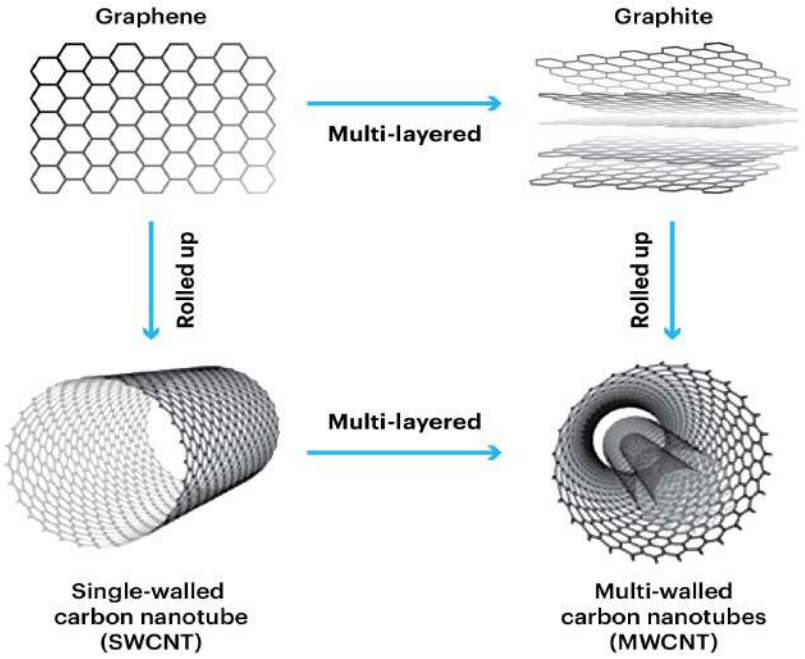

Figure.2. कार्बन नैनोट्यूब

CNT के गुण

- **यांत्रिक गुण:** तन्य शक्ति (बिना टूटे खिंचाव बल को झेलने की क्षमता) के मामले में CNT पृथ्वी पर सबसे मजबूत और कठोर सामग्री है। वे सौ गुना अधिक मजबूत हैं, फिर भी स्टील से छह गुना हल्के हैं। वे ज्ञात सबसे कठोर पदार्थों में से एक हैं; एक मानक सिंगल-वॉल्ड कार्बन नैनोट्यूब विरूपण के बिना 24GPa तक दबाव का सामना कर सकता है।
- **विद्युत चालकता:** CNT समकक्ष तांबे और चांदी के तार की तुलना में 1000 गुना अधिक विद्युत प्रवाह ले जा सकता है, इसलिए इसे विद्युत सर्किट के लिए एक आदर्श घटक माना जाता है।
- **थर्मल चालकता:** CNT बहुत अच्छे थर्मल कंडक्टर हैं और CNT की तापमान स्थिरता वैक्यूम में 2800°C और हवा में 780°C तक है।

CNT का अनुप्रयोग

- उनकी असाधारण तापीय और विद्युत चालकता और यांत्रिक गुणों के कारण, कार्बन नैनो-ट्यूबों का अनुप्रयोग सामग्रियों की एक विस्तृत श्रृंखला में किया जाता है।

- उदाहरण के लिए, कंप्यूटर का प्रोसेसर और मेमोरी, इलेक्ट्रॉनिक उपकरण, ट्रांजिस्टर, अल्ट्रा-कैपेसिटर, सौर सेल, बेसबॉल बैट, गोल्फ क्लब, या कार के हिस्से, लड़ाकू जैकेट, कैंसर का इलाज और पता लगाना, आदि।

3.3.2. ग्राफीन (Graphene)

- ग्राफीन कार्बन का द्विविमीय अपररूप है। यह एक परमाणु मोटा, समतल और कार्बन परमाणुओं की षट्कोणीय व्यवस्था है।
- ग्राफीन का बंधन sp^2 है, जिसमें ग्रेफाइट की तरह प्रत्येक कार्बन परमाणु एक ही तल में तीन अन्य कार्बन परमाणुओं से बंधा होता है।
- इसे 'शून्य-आयामी' फुलरीन में लपेटा जा सकता है, 'एक-आयामी' नैनोट्यूब में रोल किया जा सकता है या 'तीन-आयामी' ग्रेफाइट में रखा जा सकता है। 'ग्राफीन' शब्द ग्रेफाइट से आया है।
- 2004 में, आंद्रे गीम और कॉन्स्टेंटिन नोवोसेलोव सहित टीमों ने ग्राफीन को ग्रेफाइट से अलग किया और प्रदर्शित किया कि ग्रेफाइट की एकल परतों को अलग किया जा सकता है, जिसके परिणामस्वरूप 2010 में उन्हें भौतिकी के लिए नोबेल पुरस्कार मिला।

ग्राफीन के गुण

- यह एक अच्छा थर्मल और विद्युत कंडक्टर है और इसका उपयोग सेमीकंडक्टर सर्किट और कंप्यूटर भागों को विकसित करने के लिए किया जा सकता है। प्रयोगों से पता चला है कि यह अविश्वसनीय रूप से मजबूत और कठोर है।

ग्राफीन के अनुप्रयोग

- इसके असामान्य गुण इसे मिश्रित सामग्री से लेकर इलेक्ट्रॉनिक्स तक विभिन्न क्षेत्रों में अनुप्रयोगों के लिए आदर्श बनाते हैं।
- ग्राफीन एक पारदर्शी कंडक्टर है जिसका उपयोग स्मार्ट फोन और टैबलेट में टच-स्क्रीन और लाइट पैनल डिस्प्ले में किया जा सकता है। इसका उपयोग सौर सेल बनाने में भी किया जा सकता है।
- ग्राफीन ट्रांजिस्टर सिलिकॉन से बने ट्रांजिस्टर की तुलना में तेज़ होते हैं।
- ग्राफीन घटक एक चिप को अधिक मजबूती से पैक कर सकते हैं और कुशल और तेज़ कंप्यूटर बनाने में मदद कर सकते हैं।
- प्लास्टिक को इलेक्ट्रॉनिक कंडक्टर में बनाया जा सकता है, अगर उनमें केवल 1% ग्राफीन मिलाया जाए, जो गर्मी प्रतिरोध को भी बढ़ाएगा और इसे यांत्रिक रूप से मजबूत बनाएगा।
- ग्राफीन नई सुपर मजबूत सामग्री बनाने में भी मदद करता है जो पतली, लोचदार और हल्के वजन की होती हैं; जिसका उपयोग हवाई जहाज, कारों और उपग्रहों के पुर्जों को बनाने के लिए किया जा सकता है।
- इसका उपयोग स्वास्थ्य देखभाल, पर्यावरण और औद्योगिक प्रक्रियाओं में उपयोग किए जाने वाले कई रासायनिक और जैविक सेंसर बनाने में भी किया जा सकता है।

3.3.3. फुलरीन (Fullerenes)

- फुलरीन कार्बन का एक अपररूप है। वे खोखले गोले, दीर्घवृत्ताकार या ट्यूब के रूप में पूरी तरह से कार्बन से बने अणु होते हैं।
- गोलाकार फुलरीन को बकीबॉल कहा जाता है जबकि बेलनाकार फुलरीन को बकीट्यूब या नैनोट्यूब कहा जाता है।
- फुलरीन की संरचना ग्रेफाइट के समान होती है, जो जुड़े हुए षट्कोणीय रिंगों की एक शीट से बनी होती है, लेकिन उनमें पंचकोणीय (या कभी-कभी सप्तभुजीय) रिंग भी होते हैं जो शीट को समतल होने से रोकते हैं।

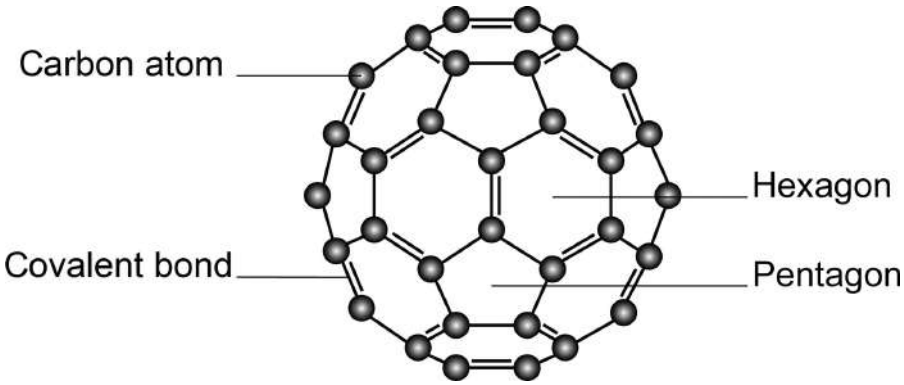

Figure.3. फुलरीन सी-60

बकमिंस्टर फुलरीन

- सी-60 फुलरीन सबसे स्थिर है और सबसे पहले इसकी पहचान की गई थी। इसमें 60 कार्बन परमाणु होते हैं जो एक फुटबॉल के आकार में व्यवस्थित होते हैं।
- इसमें 20 छह-भाग षट्कोणीय रिंग और 12 पांच-भाग पंचकोणीय रिंग हैं।
- सी-60 फुलरीन संयुक्त राज्य अमेरिका के वास्तुकार बकमिनस्टर फुलर द्वारा डिजाइन किए गए जियोडेसिक गुंबदों की तरह दिखते हैं, इसलिए, उन्हें बकमिनस्टर फुलरीन कहा जाता है।

सी-60 के गुण

- बकमिन्स्टर फुलरीन (सी-60) कमरे के तापमान पर एक गहरा ठोस पदार्थ है और इसकी कठोरता हीरे और ग्रेफाइट के बीच होती है। यह न तो बहुत सख्त है और न ही बहुत नरम है।

सी-60 का अनुप्रयोग

- यह एक मजबूत एंटीऑक्सीडेंट है; जो मानव शरीर में प्रतिरोधी बैक्टीरिया और कैंसर कोशिकाओं को मारने के लिए पर्याप्त है।
- सी-60 अणु मानव शरीर के माध्यम से परमाणुओं और अणुओं (जैसे दवाएं, रेडियोएक्टिव लेबल) को संलग्न और परिवहन कर सकते हैं।
- सी-60 HIV वायरस को भी रोक सकता है। C60 अणु HIV-1 प्रोटीज़ नामक मानव इम्युनोडेफिशिएंसी वायरस में एक प्रमुख एंजाइम में सक्रिय साइट को अवरुद्ध कर सकता है; यह प्रतिरक्षा कोशिकाओं में HIV वायरस के प्रजनन को रोक सकता है।

- सी-60 अणु संरचना को बाधित किए बिना बड़ी संख्या में हाइड्रोजन परमाणुओं को बांध सकता है। यह गुण बताता है कि C60 धातु हाइड्राइड की तुलना में हाइड्रोजन के लिए एक बेहतर भंडारण माध्यम हो सकता है और इसलिए नई श्रेणी की बैटरी या गैर-प्रदूषणकारी ऑटोमोबाइल के विकास में एक महत्वपूर्ण कारक हो सकता है।
- यह अतिचालकता और थर्मल प्रतिरोध के गुणों को दर्शाता है जिससे इसका उपयोग इलेक्ट्रॉनिक इंजीनियरिंग में किया जा सकता है।

3.3.4. कार्बन फाइबर (Carbon Fibres)

- कार्बन फाइबर को 90% या उससे अधिक कार्बन सामग्री वाले फाइबर के रूप में परिभाषित किया जा सकता है।
- वे कम कार्बन सामग्री वाले पॉलीएक्रिलोनिट्राइल (polyacrylonitrile-PAN) वाले कार्बनिक फाइबर के थर्मल रूपांतरण द्वारा उत्पादित होते हैं जिसमें 5 और 10 माइक्रोन के बीच व्यास वाले कई हजार फिलामेंट्स होते हैं।
- कार्बन फाइबर में उच्च तन्यता ताकत, उच्च कठोरता, कम घनत्व और उच्च रासायनिक प्रतिरोध होता है।
- कार्बन फाइबर-प्रबलित पॉलिमर के मुख्य अनुप्रयोग क्षेत्र एयरोस्पेस, रक्षा, ऑटोमोटिव, पवन टरबाइन, खेल के सामग्री और सिविल इंजीनियरिंग हैं।

4. नैनोमटेरियल्स के अनुप्रयोग (Applications of Nanomaterials)

4. 1. चिकित्सा एवं स्वास्थ्य अनुप्रयोग (Medical and Health Applications)

- **अवशोषित करना:** नैनोकणों में उनके नैनोस्केल आकार के कारण एक महत्वपूर्ण सतह-क्षेत्र-से-आयतन अनुपात होता है, जो उन्हें बड़ी मात्रा में दवाओं को अवशोषित करने और पूरे रक्तप्रवाह में तेजी से स्थानांतरित करने में मदद करता है। उनका बढ़ा हुआ सतह क्षेत्र उन्हें विशिष्ट क्षमताएं प्रदान करता है, जिससे उनका उपयोग औषध अनुप्रयोगों में किया जाता है।
- **जैविक इमेजिंग को बढ़ाने के लिए क्वांटम डॉट्स:** क्वांटम डॉट्स अर्धचालक नैनोक्रिस्टल हैं जो चिकित्सा निदान के लिए जैविक इमेजिंग को बढ़ा सकते हैं। जब इन्हें पराबैंगनी प्रकाश से रोशन किया जाता है, तो वे चमकीले रंगों का एक विस्तृत स्पेक्ट्रम उत्सर्जित करते हैं जिनका उपयोग विशिष्ट प्रकार की कोशिकाओं और जैविक गतिविधियों का पता लगाने और पहचानने के लिए किया जा सकता है। ये क्रिस्टल MRI (चुंबकीय अनुनाद इमेजिंग-Magnetic Resonance Imaging) जैसे कई जैविक परीक्षणों में उपयोग किए जाने वाले पारंपरिक रंगों की तुलना में 1,000 गुना बेहतर ऑप्टिकल डिटेक्शन प्रदान करते हैं, और काफी अधिक जानकारी प्रदान कर सकते हैं।
- **दवा वितरण और नैनोबॉट्स:** लक्षित दवा वितरण के लिए नैनोबॉट्स का उद्देश्य शरीर के दुर्गम हिस्सों तक पहुंचना है। पारंपरिक दवा उपचार, उदाहरण के लिए कैंसर कीमोथेरेपी, जहरीले

यौगिकों के साथ आते है और स्वस्थ ऊतकों को नुकसान पहुंचाते हैं। नैनोबॉट्स दवा को तब तक सुरक्षित रखकर इस समस्या से बच सकते हैं जब तक कि इसे इच्छित लक्ष्य तक नहीं पहुंचा दे। धमनियों में रुकावट को दूर करने के लिए भी नैनोबॉट्स का उपयोग किया जा सकता है।

- **धमनियों में प्लेग का प्रारंभिक निदान:** एथेरोस्क्लेरोसिस (atherosclerosis), या धमनियों में प्लेग के निर्माण के प्रारंभिक निदान में नैनोटेक्नोलॉजी का उपयोग किया जा रहा है। शोधकर्ताओं ने एंटीबॉडी-नैनोपार्टिकल कॉम्प्लेक्स (जो विशेष रूप से प्लेग में जमा होते है) की मात्रा को मापने के लिए एक इमेजिंग तकनीक विकसित की है। नैदानिक वैज्ञानिक प्लेग के विकास के साथ-साथ उपचार के बाद उसके गायब होने की निगरानी करने में सफल रहे हैं।
- **सोने के नैनोकणों का उपयोग:** प्रारंभिक चरण के अल्जाइमर रोग का पता लगाने के लिए सोने के नैनोकणों का उपयोग किया जा सकता है। सोने के नैनोकणों का उपयोग न्यूक्लिक एसिड के लक्षित अनुक्रमों का पता लगाने के लिए भी किया जा सकता है, और कैंसर और अन्य बीमारियों के संभावित उपचार के रूप में नैदानिक रूप से जांच की जा सकती है।
- **आणविक संकेतों का पता लगाने के लिए:** रोगों का प्रारंभिक पता लगाने के लिए आणविक इमेजिंग जहां नैनोस्केल घटकों (जैसे नैनोकैंटिलिवर्स, नैनोवायर और नैनोचैनल्स) से निर्मित संवेदनशील बायोसेंसर आनुवांशिक और आणविक घटनाओं को पहचान सकते हैं और रिपोर्टिंग क्षमता बढ़ा सकते हैं, जिससे घातकता से जुड़े दुर्लभ आणविक संकेतों का पता लगाने की क्षमता मिलती है।
- **अनुसंधान सक्षमकर्ता:** जैसे कि माइक्रोफ्लुइडिक चिप-आधारित नैनोलैब जो व्यक्तिगत कोशिकाओं और नैनोस्केल जांच की निगरानी और हेरफेर करने में सक्षम हैं जिससे कि कोशिकाओं और व्यक्तिगत अणुओं की गतिविधियों को ट्रैक किया जा सके।
- **ग्लूकोमा का इलाज:** नैनोपार्टिकल आई ड्रॉप्स का उपयोग करके ग्लूकोमा का इलाज करके अंधेपन को रोका जा सकता है। नैनोमटेरियल्स दवाओं को दो तरीकों से शामिल कर सकते हैं: नैनोमटेरियल्स के अंदर एनकैप्सुलेशन के माध्यम से या नैनोमटेरियल्स की सतह पर संयुग्मन के माध्यम से। एनकैप्सुलेटेड दवा को लक्ष्य स्थल पर नैनोमटेरियल के अलग होने पर छोड़ा जाता है, जबकि नैनोमटेरियल-संयुग्मित दवा को लक्ष्य स्थल पर नैनोमटेरियल और दवा के बीच के बंधन को तोड़ने के बाद छोड़ा जाता है।
- **हड्डी पुनर्जनन:** ऑस्टियोपोरोसिस (osteoporosis) के उपचार में हड्डी पुनर्जनन की सुविधा के लिए नैनोकणों का उपयोग किया जा सकता है।
- **कैंसर नैनोमेडिसिन:** कोबाल्ट ऑक्साइड नैनोकणों का उनके विभिन्न प्रकार के जैविक उपयोगों के कारण कैंसर नैनोमेडिसिन में बहुत उपयोग होता है।
- **रीढ़ की हड्डी की मरम्मत:** शोधकर्ता रीढ़ की हड्डी की चोटों की मरम्मत में मदद के लिए ग्राफीन नैनोरिबन का उपयोग करने के तरीकों का अध्ययन कर रहे हैं।
- **कोविड-19:** हाल ही में, पेसिफ़िक नॉर्थवेस्ट नेशनल लेबोरेटरी के शोधकर्ताओं ने प्रदर्शित किया है कि वे एक नैनो-टेक्नोलॉजी-पैक बुलबुले का उपयोग करके हवा में SARS-CoV-2 की

पहचान कर सकते हैं, जो वायरस COVID-19 का कारण बनते है। ये बुलबुले वायरस के संपर्क में आते ही फट जाते है। इसके अलावा Pfizer-BioNTech और मॉडर्ना ने क्रमशः BNT162b2 और mRNA-1273 नामक COVID-19 mRNA-आधारित टीकों के विकास के लिए लिपिड नैनोकणों का उपयोग किया।

4.2. रोजमर्रा की सामग्री और प्रक्रियाएँ (Everyday Materials and Processes)

- **पॉलिमर मिश्रित सामग्री:** बेसबॉल बैट, टेनिस रैकेट, मोटरसाइकिल हेलमेट, ऑटोमोबाइल बंपर, सामान और बिजली उपकरण आवास के लिए पॉलिमर मिश्रित सामग्री में नैनोस्केल एडिटिव्स उन्हें हल्का, कठोर, टिकाऊ और लचीला बना सकते हैं।
- **कपड़े:** कपड़ों की सतह पर नैनोस्केल एडिटिव्स उन्हें सिकुड़न, दाग और बैक्टीरिया से बचाते हैं। नैनोस्केल एडिटिव्स का उपयोग व्यक्तिगत शरीर कवच में हल्के बैलिस्टिक ऊर्जा विक्षेपण प्रदान करने के लिए भी किया जा सकता हैं।
- **नैनोमटेरियल फिल्में:** चश्मे, कंप्यूटर और कैमरा डिस्प्ले, खिड़कियों और अन्य सतहों पर नैनोस्केल पतली फिल्में उन्हें जल-विकर्षक, विरोधी परावर्तक, स्वयं-सफाई, पराबैंगनी या अवरक्त प्रकाश के प्रतिरोधी, कोहरे-विरोधी, रोगाणुरोधी, खरोंच-प्रतिरोधी, या विद्युतीय सुचालक बना सकती हैं।
- **कॉस्मेटिक उत्पाद:** कॉस्मेटिक उत्पादों में नैनोस्केल सामग्री अधिक स्पष्टता या कवरेज प्रदान करती है। वे क्लींजर, रंग उपचार, क्रीम और लोशन, शैंपू और विशेष मेकअप में एंटीऑक्सिडेंट, एंटी-माइक्रोबियल और अन्य स्वास्थ्य गुण भी प्रदान करते हैं।
- **खाद्य उद्योग:** खाद्य उद्योग में नैनो-इंजीनियर्ड सामग्रियों का इस्तेमाल कार्बोनेटेड पेय पदार्थों से कार्बन डाइऑक्साइड के रिसाव को कम करने, या भोजन को लंबे समय तक ताजा और सुरक्षित रखने के लिए ऑक्सीजन के प्रवाह, नमी के बहिर्वाह या बैक्टीरिया के विकास को कम करने के लिए होता हैं। प्लास्टिक पैकेजिंग में निर्मित नैनोसेंसर खराब भोजन के प्रति चेतावनी दे सकते हैं। पैकेजिंग और वितरण से पहले भोजन पर साल्मोनेला, कीटनाशकों और अन्य दूषित पदार्थों का पता लगाने के लिए नैनोसेंसर विकसित किए जा रहे हैं।
- **ऑटोमोटिव उत्पाद:** ऑटोमोटिव उत्पादों में नैनो-इंजीनियर्ड सामग्रियों में उच्च-शक्ति रिचार्जेबल बैटरी सिस्टम शामिल हैं; तापमान नियंत्रण के लिए थर्मोइलेक्ट्रिक सामग्री; कम-रोलिंग-प्रतिरोध टायर; उच्च दक्षता/कम लागत वाले सेंसर और इलेक्ट्रॉनिक्स; पतली-फिल्म स्मार्ट सौर पैनल; और स्वच्छ निकास और विस्तारित रेंज के लिए ईंधन योजक और बेहतर उत्प्रेरक कन्वर्टर्स भी शामिल हैं।
- **घरेलू उत्पाद:** नैनो-इंजीनियर्ड सामग्री से डीग्रीजर और दाग हटाने वाले जैसे बेहतर घरेलू उत्पाद बनते हैं। इनसे पर्यावरण सेंसर, अलर्ट सिस्टम, वायु शोधक और फिल्टर; जीवाणुरोधी क्लींजर; और विशेष पेंट और सीलिंग उत्पाद भी बनाए जाते हैं।
- **मशीन भागों की कोटिंग:** नैनोस्ट्रक्चर्ड सिरेमिक कोटिंग्स मशीनी भागों के लिए पारंपरिक घिसाव-प्रतिरोधी कोटिंग्स की तुलना में बहुत अधिक कठोरता प्रदान करते हैं।

- **उत्प्रेरक के रूप में:** रासायनिक प्रतिक्रियाओं को बढ़ावा देने के लिए नैनोकणों का उपयोग उत्प्रेरक में तेजी से किया जाता है। इससे वांछित परिणाम प्राप्त करने और प्रदूषकों को कम करने के लिए आवश्यक उत्प्रेरक सामग्रियों की मात्रा कम हो जाती है। इसके दो बड़े अनुप्रयोग पेट्रोलियम रिफाइनिंग और ऑटोमोटिव कैटेलिटिक कन्वर्टर्स में हैं।

4.3. इलेक्ट्रॉनिक्स और सूचना प्रौद्योगिकी अनुप्रयोग (Electronics and Information Technology Applications)

- **तेज़, छोटी और पोर्टेबल प्रणाली:** तेज़, छोटी और अधिक पोर्टेबल प्रणालियाँ प्रदान करने के लिए नैनोटेक्नोलॉजी पहले से ही कई कंप्यूटिंग, संचार और अन्य इलेक्ट्रॉनिक्स अनुप्रयोगों में उपयोग में है जो बड़ी मात्रा में जानकारी को प्रबंधित और संग्रहीत कर सकती हैं।
- **डेटा की बचत:** नैनोमीटर-स्केल चुंबकीय टनल जंक्शनों द्वारा सक्षम चुंबकीय रैंडम एक्सेस मेमोरी (Magnetic random access memory-MRAM) सिस्टम शटडाउन या क्रैश के दौरान एन्क्रिप्टेड डेटा को भी जल्दी और प्रभावी ढंग से सहेज सकता है, फिर से शुरू करने की सुविधाओं को सक्षम कर सकता है और वाहन दुर्घटना डेटा एकत्र कर सकता है।
- **OLEDs:** कई नए टीवी, लैपटॉप कंप्यूटर, सेल फोन, डिजिटल कैमरा और अन्य उपकरणों के डिस्प्ले में नैनोस्ट्रक्चर्ड पॉलीमर फिल्में शामिल होती हैं जिन्हें ऑर्गेनिक लाइट-एमिटिंग डायोड या OLED के रूप में जाना जाता है। OLED स्क्रीन एक फ्लैट प्रारूप में उज्जवल छवियां प्रदान करती हैं, साथ ही व्यापक देखने के कोण, हल्के वजन, बेहतर चित्र घनत्व, कम बिजली की खपत और लंबा जीवनकाल प्रदान करते हैं।
- **अन्य कंप्यूटिंग और इलेक्ट्रॉनिक उत्पाद:** आईपॉड नैनो के लिए फ्लैश मेमोरी चिप्स; अति संवेदनशील श्रवण यंत्र; माउस/कीबोर्ड/सेल फोन आवरण पर रोगाणुरोधी/जीवाणुरोधी कोटिंग; स्मार्ट कार्ड/स्मार्ट पैकेजिंग के लिए मुद्रित इलेक्ट्रॉनिक्स के लिए प्रवाहकीय स्याही; अधिक जीवंत वीडियो गेम; और ई-पुस्तक पाठकों के लिए लचीले डिस्प्ले आदि शामिल हैं।
- **कार्बन नैनोट्यूब ट्रांजिस्टर:** उनकी उत्कृष्ट विद्युत चालकता के कारण, कार्बन नैनोट्यूब पर आधारित ट्रांजिस्टर को भी लंबे समय से कंप्यूटर में सिलिकॉन ट्रांजिस्टर के संभावित प्रतिस्थापन के रूप में देखा जाता है। कार्बन नैनोट्यूब ट्रांजिस्टर डेवलपर्स को चिप में गर्मी उत्पादन और रिसाव की समस्या से बचने में मदद करता है, जिससे चिप निर्माता चिप पर अधिक से अधिक ट्रांजिस्टर लगाने में सक्षम हो पाते हैं।

4.4. सतत ऊर्जा अनुप्रयोग (Sustainable Energy Applications)

- **नैनोसंरचित सौर सेल और पैनल:** नैनोटेक्नोलॉजी को शामिल करने वाले प्रोटोटाइप सौर पैनल सूरज की रोशनी को बिजली में परिवर्तित करने में मानक डिजाइनों की तुलना में अधिक कुशल हैं, जो भविष्य में सस्ती सौर ऊर्जा प्रदान कर सकते हैं। नैनोस्ट्रक्चर्ड सौर सेल पहले से ही निर्माण के लिए सस्ते हैं और इन्हें स्थापित करना आसान है, क्योंकि वे प्रिंट जैसी विनिर्माण प्रक्रियाओं का उपयोग कर सकते हैं और अलग-अलग पैनलों के बजाय लचीले रोल में बनाए जा सकते हैं।

- **ईंधन उत्पादन और खपत दक्षता:** नैनोटेक्नोलॉजी बेहतर उत्प्रेरण के माध्यम से सामान्य और निम्न-श्रेणी के कच्चे पेट्रोलियम पदार्थों से ईंधन उत्पादन की दक्षता में सुधार कर रहे है, साथ ही उच्च दक्षता वाले दहन और कम घर्षण के माध्यम से वाहनों और बिजली संयंत्रों में ईंधन की खपत दक्षता में सुधार कर रहे है।
- **कुशल बैटरियां:** नैनोटेक्नोलॉजी का उपयोग पहले से ही कई नई प्रकार की बैटरियों में किया जा रहा है जो कम ज्वलनशील, तेजी से चार्ज होने वाली, अधिक कुशल, हल्के वजन वाली और उच्च शक्ति घनत्व वाली और लंबे समय तक विद्युत चार्ज रखने वाली होती हैं।
- **वैकल्पिक परिवहन प्रौद्योगिकी:** कम लागत पर वैकल्पिक परिवहन प्रौद्योगिकियों के लिए ईंधन कोशिकाओं को समझने के लिए आवश्यक हाइड्रोजन मेंबरेन और भंडारण सामग्री और उत्प्रेरक में सुधार करने के लिए नैनोस्ट्रक्चर्ड सामग्रियों का अनुसरण किया जा रहा है। शोधकर्ता एक सुरक्षित, हल्का हाइड्रोजन ईंधन टैंक विकसित करने पर भी काम कर रहे हैं।
- **कचरे का रूपांतरण:** कंप्यूटर, ऑटोमोबाइल, घरों, बिजली संयंत्रों आदि में अपशिष्ट ताप को उपयोग योग्य विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए विभिन्न नैनोविज्ञान-आधारित विकल्पों का अनुसरण किया जा रहा है।
- **पवनचक्की के लिए कार्बन नैनोट्यूब:** पवनचक्की के ब्लेड बनाने के लिए कार्बन नैनोट्यूब युक्त एक एपॉक्सी का उपयोग किया जा रहा है जो पवनचक्की द्वारा उत्पन्न बिजली की मात्रा बढ़ाने के लिए अन्य ब्लेडों की तुलना में लंबे, मजबूत और हल्के वजन वाले होते हैं।
- **कार्बन नैनोट्यूब तार:** शोधकर्ता कार्बन नैनोट्यूब युक्त तार विकसित कर रहे हैं, जिनका प्रतिरोध वर्तमान में विद्युत ग्रिड में उपयोग किए जाने वाले उच्च-खिंचाव तारों की तुलना में बहुत कम है और इस प्रकार ट्रांसमिशन बिजली हानि को कम करते है।

4.5. पर्यावरण निवारण अनुप्रयोग (Environmental Remediation Applications)

- **पीने के पानी का शुद्धिकरण:** नैनोटेक्नोलॉजी तेजी से, कम लागत में अशुद्धियों का पता लगाने और पानी के निस्पंदन और शुद्धिकरण के माध्यम से किफायती, स्वच्छ पेयजल की आवश्यकता को पूरा करने में मदद कर सकते है। उदाहरण के लिए, शोधकर्ताओं ने जंग के अत्यंत छोटे कणों के बीच अप्रत्याशित चुंबकीय संपर्क की खोज की है, जो पानी से आर्सेनिक या कार्बन टेट्राक्लोराइड को हटाने में मदद कर सकता है; वे नैनोस्ट्रक्चर्ड फिल्टर विकसित कर रहे हैं जो पानी से वायरस कोशिकाओं को हटा सकते हैं; और वे पानी से नमक निकालने की लागत और ऊर्जा आवश्यकताओं को कम करने के लिए नैनो-आकार के फाइबर इलेक्ट्रोड का उपयोग करके विआयनीकरण विधि की जांच कर रहे हैं।
- **औद्योगिक जल प्रदूषकों की सफाई:** किसी दिन नैनोकणों का उपयोग रासायनिक प्रतिक्रियाओं के माध्यम से भूजल में औद्योगिक जल प्रदूषकों को साफ करने के लिए किया जाएगा जो उन्हें हानिरहित बना देगा। यह उपचार जमीन से पानी को पंप करने की आवश्यकता वाले तरीकों की तुलना में बहुत कम लागत पर किया जाएगा।

- **तेल सफाई:** शोधकर्ताओं ने पोटेशियम मैंगनीज ऑक्साइड के छोटे तारों से बुना हुआ एक नैनोफैब्रिक "पेपर तौलिया" विकसित किया है, जो सफाई अनुप्रयोगों के लिए अपने वजन का 20 गुना तेल अवशोषित कर सकता है।
- **यांत्रिक निस्पंदन:** कई हवाई जहाज के केबिन और अन्य प्रकार के एयर फिल्टर नैनोटेक्नोलॉजी-आधारित फिल्टर हैं जो "मैकेनिकल निस्पंदन" की अनुमति देते हैं, जिसमें फाइबर सामग्री नैनोस्केल छिद्र बनाती है जो छिद्रों के आकार से बड़े कणों को फंसाती है। उनमें चारकोल की परतें भी हो सकती हैं जो गंध को दूर करती हैं।
- **हानिकारक एजेंटों को फ़िल्टर और निष्क्रिय करना:** नए नैनो-प्रौद्योगिकी-सक्षम सेंसर और समाधान एक दिन आज की तुलना में कहीं अधिक संवेदनशीलता के साथ हवा और मिट्टी में हानिकारक रासायनिक या जैविक एजेंटों का पता लगाने, पहचानने और फ़िल्टर करने और/या बेअसर करने में सक्षम हो सकते हैं। दुनिया भर में शोधकर्ता बिजली संयंत्र के निकास से कार्बन डाइऑक्साइड को अलग करने के लिए कार्बन नैनोट्यूब "स्क्रबर्स" और मेंबरन की जांच कर रहे हैं।

4.6. राष्ट्रीय सुरक्षा (National Security)

- **नैनो-बायो-डिटेक्शन योजना:** इनमें नई और शक्तिशाली बायो-डिटेक्शन योजनाएं शामिल हैं जो संभावित जैव-आतंकवाद खतरे का विश्लेषण कर सकती हैं। इसमें नैनो-सामग्री भी शामिल है जो किसी क्षेत्र या विषाक्त पदार्थों के संपर्क में आने वाले मनुष्यों को विषमुक्त कर सकती है।
- **सैनिकों के लिए नैनो-तकनीक:** राष्ट्रीय सुरक्षा के लिए अत्यंत महत्व का एक अन्य क्षेत्र देश के सैनिकों की सुरक्षा करना है। नैनोमटेरियल का उपयोग नैनो-बैटलसूट, नैनो-सेंसर, ड्रोन, उपग्रह, नैनो-हथियार आदि के उत्पादन के लिए किया जा सकता है।
- **सार्वजनिक सुरक्षा में नैनो-सेंसर:** आणविक या यहां तक कि परमाणु स्तर पर पता लगाने की नैनोसेंसर की क्षमता महत्वपूर्ण है। इनका उपयोग रेडियोएक्टिव पदार्थों या एंथ्रेक्स जैसे विषाक्त पदार्थों का पता लगाने के लिए किया जा सकता है। उन्हें कपड़ों में जड़ा जा सकता है या किसी इमारत के किनारे में पेंट किया जा सकता है। नैनोसेंसर की उच्च संवेदनशीलता का मतलब यह भी है कि जल प्रणाली जैसे बड़े सार्वजनिक कार्यों का नियमित परीक्षण किया जा सकता है और यहां तक कि अगर कहीं बेहद कम मात्रा में प्रदूषक है तो उसका भी पता लगाया जा सकेगा।
- **सूचना प्रणालियों की सुरक्षा:** कंप्यूटर और नेटवर्क प्रमुख अर्थव्यवस्था के क्षेत्र जैसे वित्तीय संस्थानों और विद्युत ऊर्जा क्षेत्र की नींव हैं। नैनो-इलेक्ट्रॉनिक्स और नैनो-कंप्यूटिंग के क्षेत्रों में काम करने वाले शोधकर्ताओं को वर्तमान प्रौद्योगिकियों पर पर्याप्त लाभ प्रदान करने के लिए ट्रांजिस्टर-जैसे नैनोस्केल उपकरणों को सिस्टम आर्किटेक्चर में एकीकृत करने की उम्मीद है। वे शक्तिशाली "ग्रिड प्रोटोकॉल" के निर्माण पर भी काम कर रहे हैं जो वर्ल्ड वाइड वेब को अप्रचलित बना सकता है, और क्वांटम क्रिप्टोग्राफी नामक कुछ ऐसा जो इलेक्ट्रॉनिक सुरक्षा प्रणालियों के प्रकार प्रदान कर सकता है जिन्हें क्रैक करना असंभव है।

4.7. परिवहन अनुप्रयोग (Transportation Applications)

- स्टील, कंक्रीट, डामर और अन्य सीमेंटयुक्त सामग्रियों और उनके पुनर्नवीनीकरण रूपों की नैनो-इंजीनियरिंग, उनकी लागत को कम करते हुए राजमार्ग और परिवहन बुनियादी ढांचे के घटकों के प्रदर्शन, लचीलेपन और दीर्घायु में सुधार करने में मदद करते है। नई प्रणालियाँ पारंपरिक बुनियादी ढाँचे की सामग्रियों में नवीन क्षमताओं को शामिल कर सकती हैं, जैसे ऊर्जा उत्पन्न करने या संचारित करने की क्षमता।
- नैनोस्केल सेंसर और उपकरण समय के साथ पुलों, सुरंगों, रेल, पार्किंग संरचनाओं और फुटपाथों की स्थिति और प्रदर्शन की लागत प्रभावी निरंतर संरचनात्मक निगरानी प्रदान कर सकते हैं। नैनोस्केल सेंसर और उपकरण एक उन्नत परिवहन बुनियादी ढांचे का भी समर्थन कर सकते हैं जो वाहन-आधारित प्रणालियों के साथ संचार कर सकते हैं ताकि ड्राइवरों को लेन की स्थिति बनाए रखने, टकराव से बचने, भीड़भाड़ से बचने के लिए यात्रा मार्गों को समायोजित करने और ऐसी अन्य गतिविधियों में मदद मिल सके।

4.8. अन्य अनुप्रयोगों (Other Applications)

- **सनस्क्रीन:** कई सनस्क्रीन में जिंक ऑक्साइड या टाइटेनियम ऑक्साइड के नैनो-कण होते हैं। पुराने सनस्क्रीन फ़ॉर्मूले बड़े कणों का उपयोग करते थे, जो अधिकांश सनस्क्रीन को उनका सफेद रंग देता है। छोटे कण कम दिखाई देते हैं, जिसका अर्थ है कि यह सनस्क्रीन सफ़ेद रंग नहीं देता है।
- **स्व-सफाई ग्लास:** पिलकिंगटन नामक कंपनी ने एक उत्पाद पेश किया है जिसे वे एक्टिव ग्लास कहते हैं, जो ग्लास को फोटो-उत्प्रेरक और हाइड्रोफिलिक बनाने के लिए नैनो-कणों का उपयोग करता है। फोटो-उत्प्रेरक प्रभाव का मतलब है कि जब प्रकाश से यूवी विकिरण कांच से टकराता है, तो नैनो-कण ऊर्जावान हो जाते हैं और कांच पर कार्बनिक अणुओं को तोड़ना और ढीला करना शुरू कर देते हैं। हाइड्रोफिलिक का मतलब है कि जब पानी कांच के संपर्क में आता है, तो यह पूरे गिलास में समान रूप से फैल जाता है, जिससे कांच को साफ करने में मदद मिलती है।
- **वस्त्र:** वैज्ञानिक वस्त्रों को निखारने के लिए नैनो-कणों का उपयोग कर रहे हैं। कपड़ों पर जिंक ऑक्साइड नैनो-कणों की एक पतली परत चढ़ाकर, निर्माता ऐसे कपड़े बना सकते हैं जो यूवी विकिरण से बेहतर सुरक्षा देते हैं। कुछ कपड़ों में छोटे बाल के रूप में नैनो-कण होते हैं जो पानी और अन्य सामग्रियों को पीछे हटाने में मदद करते हैं, जिससे कपड़े दाग प्रतिरोधी बन जाते हैं।
- **खरोंच-प्रतिरोधी कोटिंग्स:** इंजीनियरों ने पाया कि खरोंच-प्रतिरोधी पॉलिमर कोटिंग्स में एल्यूमीनियम सिलिकेट नैनो-कणों को जोड़ने से कोटिंग्स अधिक प्रभावी हो गईं, जिससे छिलने और खरोंचने का प्रतिरोध बढ़ गया। कारों से लेकर चश्मे के लेंस तक हर चीज़ पर स्क्रैच-प्रतिरोधी कोटिंग अब आम है।

5. भारत में नैनो टेक्नोलॉजी (Nanotechnology in India)

5.1. भारत में नैनोटेक्नोलॉजी का विकास (Developments of Nanotechnology in India)

- विज्ञान और प्रौद्योगिकी मंत्रालय के तहत विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग (Department of Science and Technology-DST) को भारत में नैनो प्रौद्योगिकी के विकास की जिम्मेदारी सौंपी गई है।
- नैनो-प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में अनुसंधान और विकास के लिए पृष्ठभूमि और बुनियादी ढांचा तैयार करने के लिए, 2001 में राष्ट्रीय नैनोविज्ञान और प्रौद्योगिकी पहल (National Nanoscience and Technology Initiative-NSTI) शुरू की गई थी।
- NSTI को लॉन्च करने का उद्देश्य अनुसंधान बुनियादी ढांचे का निर्माण करना और नैनोसाइंस और नैनोटेक्नोलॉजी में बुनियादी अनुसंधान को बढ़ावा देना था।
- NSTI के तहत DST ने नैनो विज्ञान और प्रौद्योगिकी के लिए उत्कृष्टता केंद्र की स्थापना की। देश के विभिन्न राज्यों में ऐसे 20 केंद्र स्थापित किये गये हैं।

5.2. नैनो विज्ञान और प्रौद्योगिकी का राष्ट्रीय मिशन (National Mission of Nano Science and Technology)

- राष्ट्रीय नैनो विज्ञान और प्रौद्योगिकी मिशन - अनुसंधान के इस उभरते क्षेत्र में व्यापक रूप से अनुसंधान एवं विकास को बढ़ावा देने के लिए 2007 में एक व्यापक कार्यक्रम शुरू किया गया था।
- नैनो मिशन की सफलता को स्वीकार करते हुए, केंद्रीय मंत्रिमंडल ने 12वीं योजना अवधि के दौरान इसके चरण- II में नैनो मिशन को जारी रखने की मंजूरी दे दी।
- नैनो मिशन के नेतृत्व में किए गए प्रयासों के कारण भारत ने नैनो विज्ञान और प्रौद्योगिकी में वैज्ञानिक प्रकाशनों के लिए विश्व में देशों में तीसरा स्थान हासिल किया है।

मुख्य उद्देश्य

- बुनियादी अनुसंधान संवर्धन
- अनुसंधान अवसंरचना विकास
- नैनो अनुप्रयोग और प्रौद्योगिकी विकास
- नैनोटेक्नोलॉजी में मानव विकास
- अंतर्राष्ट्रीय सहयोग और राष्ट्रीय संवादों का आयोजन
- नैनोसाइंसेज के लिए विकास केंद्र की स्थापना