भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 33 अंक (1) जून 2025 पृ. 21-25
DOI:

नैनोटेक्नोलॉजी में प्रगतिः विभिन्न क्षेत्रों में नवाचार और अनुप्रयोग

सिद्धि जैन[1], कुमुद तंवर[2], स्वाति सिंह[3] एवं अशोक के. काकोडिया[4]
रसायन विज्ञान विभाग, कानोडिया पीजी महिला महाविद्यालय, जयपुर (राजस्थान)
रसायन विज्ञान विभाग, सरकारी कॉलेज राजगढ़, अलवर (राजस्थान)

सारांश

उन सामग्रियों और प्रौद्योगिकियों का अध्ययन जिनकी सबसे छोटी कार्यात्मक संरचना न्यूनतम एक आयाम में नैनोस्केल पैमाने पर या एक मीटर का एक अरबवां हिस्सा है, नैनोटेक्नोलॉजी के रूप में जाना जाता है। अध्ययन के इस क्षेत्र में विज्ञान और इंजीनियरिंग दोनों शामिल हैं। अपने नाम के विपरीत, नैनोटेक्नोलॉजी ने दुनिया भर में कई क्षेत्रों को काफी बदल दिया है। इस समीक्षा लेख का मुख्य केंद्र इस बारे में जानकारी है कि विभिन्न क्षेत्रों के आधुनिकीकरण के लिए नैनोटेक्नोलॉजी का उपयोग कैसे किया जा रहा है। नतीजतन, आधुनिक उद्यमों में नैनो प्रौद्योगिकी को लागू करने के विभिन्न तरीकों को शामिल करते हुए एक गहन महत्व प्रदान किया जाता है। दुनिया भर के लगभग हर औद्योगिक क्षेत्र में खाद्य, कृषि और चिकित्सा क्षेत्रों में छोटे पैमाने पर विनिर्माण और प्रसंस्करण इकाइयों से लेकर ऑटोमोटिव, सिविल इंजीनियरिंग और पर्यावरण प्रबंधन उद्योगों में बड़े पैमाने पर उत्पादन इकाइयों तक नैनो टेक्नोलॉजी के कारण प्रगति देखी गई है।। नैनो-आधारित उद्यमों के भविष्य के विकास को अनुसंधानकर्ताओं, व्यवसाय मालिकों, वैज्ञानिकों, तकनीशियनों, पर्यावरणविदों और शिक्षकों के बीच मजबूत सहयोग के साथ पर्यावरण के अनुकूल होने का अनुमान लगाया जा सकता है।

मुख्य शब्दः नैनो प्रौद्योगिकी, कृषि, पर्यावरण प्रबंधन उद्योग, इंजीनियरिंग, पर्यावरण-हितैषी

Advances in Nanotechnology: Innovations and Applications in Various Fields

Siddhi Jain[1], Kumud Tanwar[2], Swati Singh[3] and Ashok K. Kakodia[4]
Department of Chemistry, Kanodia PG Mahila Mahavidyalaya, Jaipur (Rajasthan)
Department of Chemistry, Government College Rajgarh, Alwar (Rajasthan)

Abstract

The study of materials and technologies whose smallest functional structure is at least one dimension at the nanoscale scale or one billionth of a meter is known as nanotechnology. This academic discipline encompasses both engineering and science. Contrary to its name, nanotechnology has profoundly altered numerous fields globally. This review article's primary goal is to provide details regarding the multitude of ways that nanotechnology has been implemented to revamp different industries. As a result, an in-depth primer is provided, covering different ways of applying nanotechnology in modern enterprises. Almost every worldwide industrial area has seen advancements due to nanotechnology from small scale manufacturing and processing units in food, agriculture and medical sectors to large scale production units in automotive, civil engineering and environmental management industries. With significant cooperation between researchers, company owners, researchers, technicians, environmentalists, and educators, it will be feasible to anticipate that the establishment of nano-based firms over the coming

1. प्रस्तावना (Introduction)

रासायनिक, भौतिक और जीव विज्ञान विषयों के मूल सिद्धांतों के संयोजन की तकनीक को नैनोटेक्नोलॉजी के रूप में जाना जाता है। ये गतिविधियाँ सूक्ष्म नैनोस्केल पर होती हैं। नैनोस्केल जैविक गतिविधियों को उत्पन्न करता है, जैसे कि दवा आसंजन और विशिष्ट स्थानों पर परिवहन और शारीरिक रूप से आकार को कम करता है। रासायनिक रूप से, यह नए बंधनों और रासायनिक विशेषताओं को नियंत्रित करता है[1]।

विश्व स्तर पर, नैनोटेक्नोलॉजी ने धीरे-धीरे लेकिन दृढ़ता से विभिन्न क्षेत्रों में प्रवेश किया है। जिस गति से नैनो विज्ञान विकसित

हो रहा है, वह इंगित करता है कि नैनो-स्केल उत्पादन जल्द ही अध्ययन और नवाचार के लगभग प्रत्येक क्षेत्र में एकीकृत हो जाएगा। नैनोटेक्नोलोजी एक विघटनकारी तकनीक है जिसने पैकेजिंग, खाद्य, कृषि और चिकित्सा उद्योग जैसे विभिन्न उद्योगों में रुचि उत्पन्न की है। इक्कीसवीं सदी में सभी खाद्य व्यवसायों पर हावी होने के लिए नैनो प्रौद्योगिकी की क्षमता को कई वैज्ञानिकों और इंजीनियरों द्वारा व्यापक रूप से स्वीकार किया गया है ।

जैसे-जैसे तकनीकी और जैविक विकास की प्रगति होती है, वैज्ञानिक समाज नई तकनीकों और वस्तुओं को अपनाता है जो अतीत की तुलना में सुरक्षित, अधिक किफायती और पर्यावरण के अनुकूल होते हैं। इसके अलावा, वे प्रौद्योगिकी की आर्थिक स्थिरता के बारे में चिंतित है क्योंकि दुनिया की संपत्ति में काफी कमी आ रही है[2]। इसलिए, नैनोटेक्नोलॉजी इस मुद्दे पर पहुँचने का एक साधन प्रदान करती है। जब पहले के भारी उपकरणों और बड़े पैमाने पर विस्तार के विपरीत, यह तकनीक स्पष्ट, कम प्रदूषित और अधिक उचित कीमत वाली होती है।

इसके अलावा, नैनोटेक्नोलॉजी के पास मानव जीवन के सभी पहलुओं के लिए उपयोग करने का अवसर है। चूंकि वे रसायन विज्ञान के साथ-साथ भौतिक और शारीरिक क्षेत्र के कई पहलुओं में निहित हैं, इसलिए इसमें ज्यादातर नैनोटेक्नोलॉजी विज्ञान, नैनोइलेक्ट्रॉनिक्स और नैनोमेडिसिन का क्षेत्र शामिल होगा[3]। इसलिए, यह मान लेना उचित है कि निकट भविष्य में विद्यार्थियों के लिए नैनोटेक्नोलॉजी को अंततः पढ़ने की आवश्यकता होगी[4]।

यह समीक्षा आवश्यक वैश्विक उद्योगों में नैनो प्रौद्योगिकी के मौलिक उपयोगों और भविष्य में उद्योग की उन्नति के लिए उनके परिणामों को स्थापित करती है।

2. नैनोटेक्नोलॉजी के अनुप्रयोग (Applications of Nanotechnology)

2.1. नैनो प्रौद्योगिकी और कृषि-उद्योग (Nanotechnology and Agricultural-Industry)

दुनिया भर के कई देशों की अर्थव्यवस्था की नींव कृषि व्यवसाय है। यह समग्र रूप से वैश्विक अर्थव्यवस्था में महत्वपूर्ण योगदान देता है और लोगों की आहार संबंधी आवश्यकताओं को पूरा करके, सामान्य आबादी को बनाए रखने के लिए आवश्यक है। जलवायु परिवर्तन के कारण दुनिया भर के मौसम के रुझानों में बड़े पैमाने पर बदलाव से खेती पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ने की उम्मीद है[5]। ऐसी स्थिति में, आमतौर पर कृषि गतिविधियों की सुरक्षा और स्थिरता में सुधार के लिए निवारक कार्रवाई करना बेहतर होता है। पर्यावरण के अनुकूल प्रौद्योगिकियों की परस्पर क्रिया ने नैनो प्रौद्योगिकी के व्यावहारिक अनुप्रयोग को देखा है। यह कृषि और औद्योगिक वस्तुओं दोनों के निर्माण, तैयारी, रैपिंग, भंडारण और शिपिंग के लिए महत्वपूर्ण है[6]। सटीक कृषि के क्षेत्र को विभिन्न नैनो प्रौद्योगिकी-आधारित दृष्टिकोणों की शुरुआत से लाभ हुआ है जो पौधों के पोषक तत्वों के अवशोषण में सुधार करते हैं और कृषि रोगों को रोकने के लिए रोगजनक निगरानी में सुधार करते हैं। जियोलाइट और नैनोक्ले का उपयोग, जो मिट्टी के पोषक तत्वों के शोरबे और प्रजनन क्षमता के पुनर्निर्माण के लिए फायदेमंद हैं, उर्वरकों में सुधार कर रहा है[6]। स्मार्ट रोपाई और सीड वॉल्ट के वर्तमान विचारों को भी ऐसे वातावरण में अंकुरित करने के लिए डिज़ाइन किया गया है जो उनके संरक्षण के लिए सर्वथा अनुकूल हैं; इन मामलों में, नैनोपोलिमरिक संयोजनों से बने कोटिंग्स का उपयोग किया जाता है[7]। नैनो प्रौद्योगिकी कीटनाशकों, कवकनाशियों, जड़ी-बूटियों और कीटनाशकों के क्षेत्र का उपयोग करके सभी को बदला जा रहा है।

चित्र 1: नैनोटेक्नोलॉजी के अनुप्रयोग

2.2 नैनो प्रौद्योगिकी और वस्त्र उद्योग (Nanotechnology and the Textile Sector)

इक्कीसवीं सदी में बड़े पैमाने पर सोशल मीडिया प्लेटफॉर्म के विस्तार के कारण कपड़ा व्यवसाय में काफी प्रगति हुई है। विश्व स्तर पर, प्रमुख निगम अब वैश्विक बाज़ार को नियंत्रित करते हैं, और कपड़ा उद्योग सालाना लाखों डॉलर लाता है।

अपनी विशेष और वांछनीय विशेषताओं के कारण, नैनो प्रौद्योगिकी को धीरे-धीरे पूरे समय फाइबर निर्माण क्षेत्र में एकीकृत किया जा रहा है। अतीत में, पारंपरिक तकनीकों का उपयोग करके उत्पादित कपड़े अक्सर बेहतर स्थायित्व और गुणवत्ता के अल्पकालिक लाभों को सीमित करते थे[8]। हालांकि, नैनोटेक्नोलॉजी के आगमन ने इन कपड़ा क्षेत्रों के लिए ऐसे कपड़ों का उत्पादन करने के लिए नैनोटेक्नोलॉजी का उपयोग करना संभव बना दिया है जिसमें उत्कृष्ट गुणवत्ता, दीर्घायु और कोमलता है जिसे धोने और उपयोग के बाद बनाए रखा जाता है। दीर्घकालिक स्थायित्व नैनोमटेरियल्स के उच्च सतह-से-मात्रा अनुपात द्वारा प्राप्त किया जाता है, जो उच्च सतह ऊर्जा को बनाए रखता है और उनके वस्त्रों के प्रति आत्मीयता में सुधार करता है। सफाई के लिए उन्नत सतह, गंदगी, डाई और रंग क्षति प्रतिरोध, उच्च आर्द्रता और स्ट्राइक-थ्रू गुण, मिट्टी और गंध को हटाने की क्षमता, घर्षण के लिए प्रतिरोध, सतह घर्षण का एक संशोधित रूप, और नैनोमैटेरियल्स के माध्यम से रंग वृद्धि नैनोटेक्स्टाइल इंजीनियरिंग तथा उद्योग के कुछ फायदे हैं[9]। इन गुणों ने कपड़े और कपड़ा मिश्रणों के प्रदर्शन और उपयोगिता को काफी बढ़ा दिया है।

2.3. नैनोटेक्नोलॉजी, स्वास्थ्य सेवा और चिकित्सा उद्योग (Nanotechnology in the Pharmaceutical and Healthcare Sectors)

चिकित्सा में नैनोटेक्नोलॉजी के सफल उपयोग ने समय के साथ मानव जीवन की गुणवत्ता में सुधार किया है, जिससे नैनोमेडिसिन नामक एक पूरे नए क्षेत्र का उदय हुआ है। इसने शोधकर्ताओं को रोग से बचाव, जांच, उपचार, निदान और सक्रिय चिकित्सा देखभाल उपायों के बेहतर तरीकों को विकसित करने में सक्षम बनाया है। वैज्ञानिक विभिन्न प्रकार के चिकित्सा कार्यों में नैनो प्रौद्योगिकी के संभावित लाभों की जांच कर रहे हैं।

नैनो-स्केल कंप्यूटरों में उत्पन्न होने वाली सतहों का निदान, बायोसेंसर प्रौद्योगिकियों और नमूना निस्पंदन किट जैसी कई रोबोटिक विशेषताओं को चिकित्सा उपकरणों के क्षेत्र में अनुकूलित किया गया है[10]। नैनोकम्प्यूटरों और संबंधित उपकरणों का क्षेत्र विशेष रूप से सक्रियण प्रतिवर्तों के विनियमन में सहायता करता है और वे यांत्रिक प्रक्रियाओं में कितनी जल्दी होते हैं[11]। इन यांत्रिक उपकरणों द्वारा विभिन्न चिकित्सा और दंत चिकित्सा उपचारों का विश्वसनीय निष्पादन संभव हो पाता है। इसके अलावा, स्वास्थ्य सेवा प्रदाता प्रोग्राम किए गए नैनो मशीनों और छोटे रोबोटों की बदौलत उपकोशिकीय स्तर पर भी सटीक चिकित्सा प्रक्रियाएं कर सकते हैं[12]।

इसी तरह, पुनर्योजी स्वास्थ्य सेवा का क्षेत्र क्षतिग्रस्त कोशिकाओं ऊतकों और अंगों के इलाज तथा मरम्मत के अंतिम लक्ष्य के साथ डीएनए अनुक्रमण, ऊतक बहाली और कोशिका प्रत्यारोपण सहित चिकित्सा कार्यों के वर्गीकरण में नैनोमटेरियल्स का उपयोग कर रहा है। शोधकर्ताओं ने शक्तिशाली ऊतक पुनर्जनन विधियों में कोशिकाओं के आसंजन, प्रवास और कोशिकाओं के विभेदन की विशेषताओं के साथ नैनो असेंबलियों के उपयोग का दस्तावेजीकरण किया है[13]।

इसके अलावा, माइक्रोबायोलॉजिकल (जीवाणुरोधी और एंटीवायरल) डोमेन नैनोटेक्नोलॉजी का उपयोग कर रहे हैं। नैनोस्केल तकनीक का उपयोग करके इन रोगजनकों की छोटी क्षमताओं का पता लगाया जाता है। उदाहरण के लिए, क्योंकि नैनोकण आसानी से कोशिकाओं में प्रवेश करते हैं, जलने की चोटों को नैनोसाइज़्ड सिल्वर नैनोमटेरियल्स से ठीक किया जा सकता है[14]। हड्डी प्रौद्योगिकी का पुनर्जनन एक और तरीका है जिसका उपयोग चिकित्सा क्षेत्र में नैनो प्रौद्योगिकी के रूप में किया जा रहा है। शोधकर्ता मांसपेशियों के पुनर्गठन और हड्डी की मरम्मत को सुविधाजनक बनाने के लिए बोन ग्राट तकनीक विकसित कर रहे हैं[15]। इसके समान, दवा वितरण प्रौद्योगिकियां बड़ी मात्रा में दवा वितरण स्थायित्व के साथ-साथ फार्माकोडायनामिक और फार्माकोकाइनेटिक पहलुओं को बढ़ाने के प्रयास में नैनोस्केलिंग विकल्पों पर बहुत अधिक ध्यान केंद्रित कर रही हैं[16]। रक्तप्रवाह को पार करने और दवा के अणुओं को सटीक लक्षित क्षेत्रों तक पहुँचाने के लिए दवा को सक्षम करने में एक महत्वपूर्ण कदम नैनोरोबोट्स का रोजगार है।

चिकित्सकों, शोधकर्ताओं और प्रौद्योगिकी के सहयोग के माध्यम से, नैनोमेडिसिन में इस तरह की प्रगति के परिणामस्वरूप नैनोमेडिसिन का एक अधिक निर्धारित, परिभाषित और तकनीकी रूप से डिज़ाइन किया गया क्षेत्र होगा।

2.4. नैनो प्रौद्योगिकी और नवीकरणीय ऊर्जा (सौर) उद्योग (Solar Power Industry and Nanotechnology)

आज दुनिया के सामने कई पर्यावरणीय मुद्दों को अक्षय ऊर्जा स्रोतों की मदद से हल किया जा सकता है। इस वजह से स्वच्छ ऊर्जा का क्षेत्र पर्यावरणवाद के क्षेत्र में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इस प्रकार, वैश्विक ऊर्जा संबंधी चिंताओं में नैनो प्रौद्योगिकी को ध्यान में रखा जाना चाहिए। सूर्य के प्रकाश, हाइड्रोजन, बायोमास, भू-तापीय गर्मी और ज्वारीय शक्ति से ऊर्जा का उत्पादन नैनो तकनीकों का तेजी

से उपयोग कर रहा है[17]। सौर संग्रहकर्ताओं पर विशेष जोर दिया गया है क्योंकि सौर ऊर्जा का उत्पादन और निर्भरता भविष्य की ऊर्जा आवश्यकताओं को पूरा करने में उपयोगी होगी क्योंकि सौर विकिरण की विश्व स्तर पर दृढ़ता से अनुशंसा की जाती है। इन उपयोगों में परवलयिक घाटियों, असमान प्लेटों, सपाट सौर प्लेटों, सीधे अवशोषित प्लेटों और ऊष्मा पाइपों की नैनो प्रौद्योगिकी शामिल हैं। हालांकि, सौर पैनलों के व्यावहारिक निर्माण डिजाइन में नैनोमैटेरियल्स के अनुप्रयोग और सौर पैनल क्षेत्र के लिए संभावित दक्षताओं के बारे में जानकारी की कमी है। इसके अतिरिक्त, नैनोसोलर संग्रहकर्ताओं की आगामी पीढ़ी के लिए सर्वोत्तम कार्रवाई निर्धारित करने के लिए पारंपरिक और नैनो प्रौद्योगिकी-आधारित सौर ऊर्जा प्रणालियों की प्रभावशीलता और सामर्थ्य का अध्ययन किया जाना चाहिए[18]।

2.5. नैनो प्रौद्योगिकी और रासायनिक उद्योग (Nanotechnology and Chemical Sector)

नैनोटेक्नोलोजी को आसानी से रासायनिक टुकड़ों की एक विस्तृत श्रृंखला पर लागू किया जाता है, जैसे कि बहुलक यौगिक। इस प्रकार का उपयोग उन रासायनिक पदार्थों की कार्यात्मक और संरचनात्मक विशेषताओं दोनों को बदल सकता है और रासायनिक, सामग्री, चिकित्सा विद्युत क्षेत्रों सहित उद्योग में अनुप्रयोगों की एक विस्तृत श्रृंखला से निपट सकता है[19]। प्राथमिक वाणिज्यिक अनुप्रयोग ऊर्जा के उत्पादन में है, जहाँ जैविक, चांदी और सोने की उत्पत्ति से प्राप्त विभिन्न नैनोमैटेरियल्स का उपयोग कुल उत्पादन लागत को कम करने और दक्षता बढ़ाने के लिए किया जा सकता है। रासायनिक उद्योग सर्फैक्टेंट क्षेत्र में बड़े पैमाने पर नैनोटेक्नोलॉजी का उपयोग करता है, जो सफाई के कागज के सामान, स्याही, कृषि के लिए रसायन, दवाएं और कुछ खाद्य पदार्थों का उत्पादन करता है। हालांकि स्नेहक का पिछला उपयोग पर्यावरण और मानव स्वास्थ्य के लिए बहुत चिंताजनक था, परंतु सर्फैक्टेंट निर्माण और नैनोस्केलिंग में हाल की प्रगति ने इन रसायनों का स्थायी तरीकों से उपयोग करना संभव बना दिया है[20]।

3. निष्कर्ष (CONCLUSION)

सामग्री विज्ञान और अध्ययन के यांत्रिक क्षेत्रों में, वर्तमान समय में रोमांचक और अत्यधिक किफायती नैनो तकनीकों की पेशकश की जाती है। इस समीक्षा में इन प्रौद्योगिकियों का गहन अवलोकन किया गया है। विभिन्न क्षेत्रों के शोधकर्ताओं और चिकित्सकों को यह अवलोकन विशेषज्ञता के अपने क्षेत्रों में नैनोटेक्नोलॉजी के उपयोग की खोज करने में उपयोगी लगेगा। कोई केवल यह मान सकता है कि औद्योगिक क्षेत्र में इसके अद्भुत उपयोगों को देखते हुए, नैनोटेक्नोलॉजी जल्द ही हर कल्पनीय उद्योग में उपयोग के लिए उपलब्ध होगी। लेकिन, हमें विवेक का प्रयोग करना चाहिए और जीवों के लिए संभावित खतरों के साथ-साथ पारिस्थितिक और प्रदूषण के मुद्दों पर खुद को प्रबुद्ध करना चाहिए जो नैनोटेक्नोलॉजी के अनुचित अनुप्रयोग से आ सकते हैं। यह महत्वपूर्ण है क्योंकि दीर्घजीविता एक ऐसा कारक है जिसे विश्व स्तर पर अधिक से अधिक ध्यान में रखा जा रहा है। इसलिए, यह सुनिश्चित करना संभव है कि नैनोटेक्नोलॉजी के साथ संधारणीयता (सस्टेनेबिलिटी) की अवधारणा को मिलाकर नैनोटेक्नोलॉजी का भविष्य लाभदायक बनाया जाए।

4. संदर्भ (REFERENCES)

1. Kumar, S., Pant, G., Sharma, V., & Bisht, P. (2014). Nanotechnology in computers. *International Journal of Information and Computation Technology, ISSN*, 0974-2239.
2. Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. *Journal of nanoparticle research*, 13, 427-445.
3. Singh, N. A. (2017). Nanotechnology innovations, industrial applications and patents. *Environmental Chemistry Letters*, 15(2), 185-191.
4. El Naschie, M. S. (2006). Nanotechnology for the developing world. *Chaos, Solitons & Fractals*, 30(4), 769-773.
5. Saini, J., & Bhatt, R. (2020). Global warming-causes, impacts and mitigation strategies in agriculture. *Curr J Appl Sci Technol*, 39(7), 93-107.
6. Usman, M., Farooq, M., Wakeel, A., Nawaz, A., Cheema, S. A., ur Rehman, H., ... & Sanaullah, M. (2020). Nanotechnology in agriculture: Current status, challenges and future opportunities. *Science of the total environment*, 721, 137778.
7. Vijayakumar, M. D., Surendhar, G. J., Natrayan, L., Patil, P. P., Ram, P. B., & Paramasivam, P. (2022). Evolution and recent scenario of nanotechnology in agriculture and food industries. *Journal of Nanomaterials*, 2022(1), 1280411.
8. Shah, M. A., Pirzada, B. M., Price, G., Shibiru, A. L., & Qurashi, A. (2022). Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review. *Journal of Advanced Research*, 38, 55-75.

9. Yetisen, A. K., Qu, H., Manbachi, A., Butt, H., Dokmeci, M. R., Hinestroza, J. P., ...& Yun, S. H. (2016). Nanotechnology in textiles. *ACS nano*, 10(3), 3042-3068.
10. Park, K. (2014). Controlled drug delivery systems: past forward and future back. *Journal of Controlled Release, 190*, 3-8.
11. Anselmo, A. C., & Mitragotri, S. (2019). Nanoparticles in the clinic: An update. *Bioengineering & translational medicine*, 4(3), e10143.
12. Bhushan, B. (2017). Introduction to nanotechnology. *Springer handbook of nanotechnology*, 1-19.
13. Gibney, S., Hicks, J. M., Robinson, A., Jain, A., Sanjuan?Alberte, P., & Rawson, F.J. (2021). Toward nanobioelectronic medicine: Unlocking new applications using nanotechnology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 13(3), e1693.
14. Erkoc P., Ulucan-Karnak F. Nanotechnology-based antimicrobial and antiviral surface coating strategies. Prosthesis. 2021;3:25-52. doi: 10.3390/prosthesis3010005.
15. Nikalje, A. P. (2015). Nanotechnology and its applications in medicine. *Med chem*, 5(2), 081-089.
16. Jahangirian, H., Lemraski, E. G., Webster, T. J., Rafiee-Moghaddam, R., & Abdollahi, Y. (2017). A review of drug delivery systems based on nanotechnology and green chemistry: green nanomedicine. *International journal of nanomedicine*, 2957-2978.
17. Hussein, A. K. (2015). Applications of nanotechnology in renewable energies-A comprehensive overview and understanding. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 460-476.
18. Alanbari, M. H., Cerpa, A., García-pertusa, J. A. A., & Ruiz, S. (2019). Nanotechnology applied to renewable energy. *The Online Journal of Science and Technology*, 9(4), 244-251.
19. Alanbari, M. H., Cerpa, A., García-pertusa, J. A. A., & Ruiz, S. (2019). Nanotechnology applied to renewable energy. *The Online Journal of Science and Technology*, 9(4), 244-251.
20. Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Nanotechnology: A revolution in modern industry. *Molecules*, 28(2), 661.