

TEXNİKA ELMLƏRİ TECHNICAL SCIENCES

DOI: <https://doi.org/10.36719/2663-4619/99/126-134>

Şəfiqə İmanova
Naxçıvan Dövlət Universiteti
shefiqeimanova@ndu.edu.az

NANOTEXNOLOGİYANIN TƏTBİQ SAHƏLƏRİ

Xülasə

Araşdırmada məqsəd mikrotexnologiyadan nanotexnologiyaya keçid dövründəki prosesləri tədqiq etməkdir. Həmçinin araşdırmada əsas iş müxtəlif elm sahələrində nanotexnologiyanın sınaqdan keçirilməsi üsullarını öyrənməkdir. Məqalədə sürətlə inkişaf edən texnologiya sahəsinin nano elementlərdən istifadə edilməklə qazanılmış yeni təcrübələr, nanotexnoloji proseslərin gündəlik həyatımıza təsiri barədə fikirlər qeyd olunmuşdur. Hazırda praktikada uğurlu nəticə alınaraq istifadə olunan karbon nanoboruların, nanocalaqların və nanomaterialların haqqında məlumat öz əksini tapmışdır. Dünya təcrübəsində məhz nanotexnologiya termininin praktikdakı mənfi və müsbət cəhətləri də qeyd olunmuşdur. Ətraf mühitə nanotexnologiya təsiri diqqət çəkilən məqamlardandır.

Açar sözlər: *nanotexnologiya sənayesinin mənşəyi, nanotexnologiya tibbdə, nanotexnologiya sənayedə, nanotexnologiya, hərbdə, nanotexnologiya, neft sənayesində, nanotekstil, nanomateriallar, nanodünya, fullerenlər və karbon nanoborular*

Shafiqə İmanova
Nakhchivan State University
shefiqeimanova@ndu.edu.az

Application areas of nanotechnology

Abstract

The purpose of the research is to study the processes during the transition period from microtechnology to nanotechnology. Also, the main work in the research is to learn the methods of testing nanotechnology in various fields of science. The article mentions the new experiences gained in the rapidly improving field of technology using nano elements, and ideas about the impact of nanotechnology processes on our daily life. Currently, it is successful in practice, as a result, the information about the used carbon nanotubes, nanorods and nanomaterials is reflected. In the world experience, the negative and positive aspects of the term nanotechnology in practice have also been noted. The effect of nanotechnology on the environment is one of the highlights.

Keywords: *origins of nanotechnology industry, nanotechnology in medicine, nanotechnology in industry, nanotechnology, military, nanotechnology, oil industry, nanotextiles, nanomaterials, nanoworld, fullerenes and carbon nanotubes*

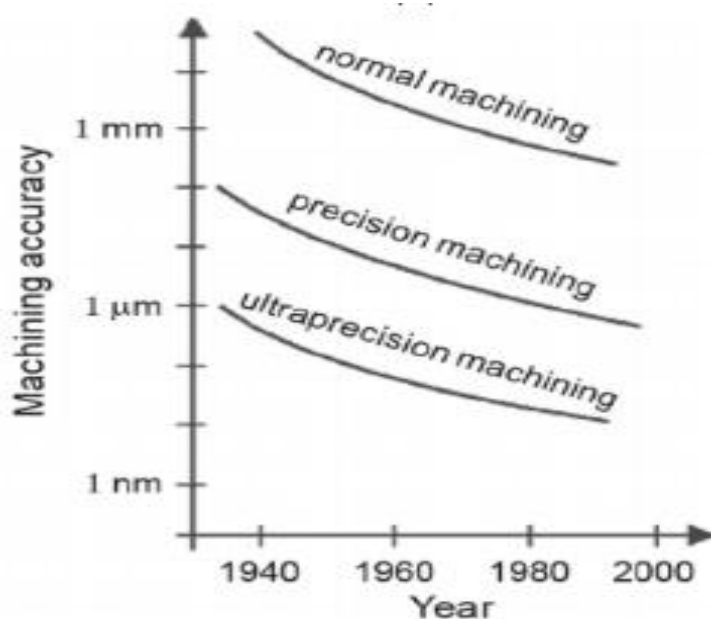
Giriş

1989-cu ildə Amerika fiziki Riçard Feynman bildirib ki, alimlər atom səviyyəsində işləməyi öyrəndikdən sonra bir çox elmi problemlər öz həllini tapacaq. Bu sahənin inkişafına bədcə vəsaiti ilk dəfə ABŞ-da ayrılıb. İndi dünyada nanotexnoloji layihələrə ildə 9 milyard ABŞ dollarından çox sərmayə qoyulur. Dünyada nəşr olunan elmi jurnalların 80-90%-i nano strukturlardan yazır. Dünyada 60 ölkədə nanotexnologiya sahəsində dövlət proqramı qəbul edilib. Milyonlarla vəsait nanotexnologiya sahəsində tədqiqat işlərinin aparılmasına yönəldilib. Bu sahədə ABŞ liderlik edir.

İndiyədək nanotədqiqatlarla bağlı ABŞ-ın 8000-dən çox elmi nəticələri dərc edilib. 1994-cü ildə bu sahədə təxminən Rusiya ilə eyni səviyyədə olan Çin isə dünya ikincisi ola bilər. Onun payına 6000 elmi nəticə düşür. Rusiya Cənubi Koreyadan da geri qalıb. Rus alimləri nanotexnologiya sahəsində 1300-ə yaxın elmi nəticə əldə ediblər. Avropa Birliyi ölkələri nanotexnologiya sahəsində elmi-tədqiqat işləri aparmaq üçün büdcədən 4,865 milyard avro ayırıblar. Bu isə onların elmə ayırdığı büdcənin təqribən 9-10 faizini təşkil edir. Analoji rəqəmləri ABŞ, Rusiya və Yaponiyanın dövlət büdcələrindən də misal gətirmək olar (Ələvsətqızı, 2009: 1).

Nanotexnologiya sənayesinin mənşəyi. Ümumiyyətlə, nanotexnologiya bütün mühəndislik sahələrində olduğu kimi, sənayedə də nanomateriallardan istifadə olunur. Bu materiallar hər dəfə daha da inkişaf etdirilərək yeni materiallar hazırlanmaqdadır.

1. *Ultra həssas mühəndislik.* Şəkil 1-də daha yüksək istehsal dəqiqliyinə nail olmaq üçün zahirən qaçılmaz driver-in iki klassik görünüşünü göstərir. Şəkildə Norio Taniguchi-nin ultradəqiqlik mühəndisliyinin inkişafının eskizi var. Mübahisə etmək olar ki, hər hansı bir mühəndislik müəyyən dərəcədə dəqiqlik tələb edir, əks halda bu işləməyəcək (Ramsden, 2013: 1).



Şəkil 1. Emal dəqiqliyinin təkamülü (N.Taniguchi-dən sonra)

2. *Ultra incə toz.* Yalnız çox yaxın ölçülərdə nanometrə yaxınlaşaraq dəqiqliyə nail ola bilən ultradəqiqlik mühəndisliyindən fərqli olaraq, kiçik hissəciklər istehsal etmək üçün əzmə, üyütmə və frezeləmə texnologiyası illər boyu işlənib hazırlanmışdır. Daha ilkin şəkildə sərt xammalın xırdalanmasına və səpilməsinə ehtiyac qida sənayesindən tutmuş adi boyanın hazırlanmasına qədər bir çox texnologiyada tətbiq edilir. Sadalanan bir çox sahə üçün ən uyğun hissəcik ölçüsü mikron diapazonunda görülür, baxmayaraq ki, proses üzərindəki nəzarət adətən zəif olur. Belə ki, nanoölçüyə qədər xırdalanmış daha incə hissəciklərin alınması ilə nəticələnir.

Ənənəvi proses də çox sərtidir: üyüdülmə material atom quruluşunda və çirkləndirilmə atomlarda qüsurların daxil olması ilə əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirilə bilər. Bəzi uğurlu hallarda dəyişikliklər son materialın xüsusiyyətlərini artırır. Əksər hallarda onlar optimal performansın əldə edilməsinə mane olurlar. Bu sahədə inkişafın məqsədi daha yumşaq şəraitdə hissəciklərin ölçüsünə və ölçülərinin paylanmasına daha yaxşı nəzarət etməkdir (Ramsden, 2013: 1).

Nanotexnologiya tibbdə. Bu gün nanotexnologiya ilə bərabər sürətli şəkildə inkişaf edən sahələrdən biri də tibbdir. Tibb sahəsində nanotexnoloji cihazlar demək olar ki, innovativ metodları da özü ilə gətirdi. İstər müalicə, istərsə də cərrahi proseslərdə dərmanların tərkibindəki yeniliklər, insan

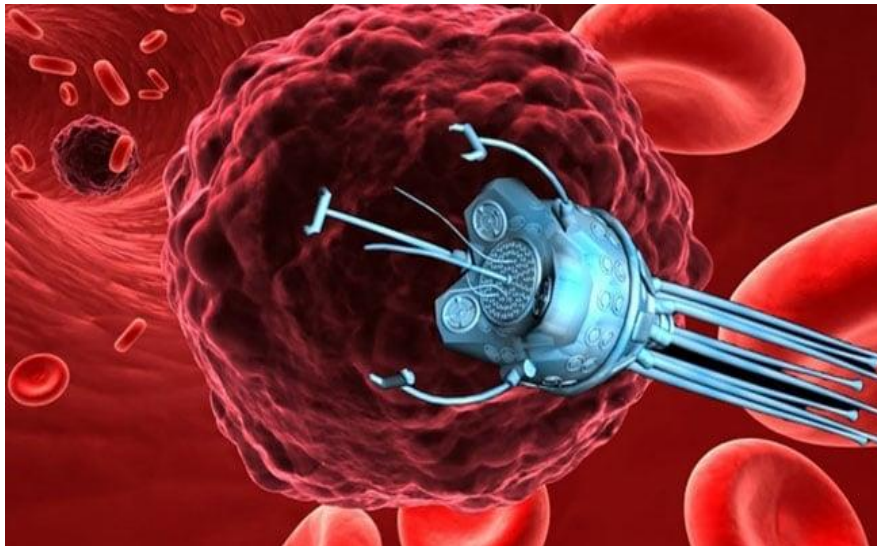
sağlığı üzərinə aparılmış bir çox eksperimentlərdə nanotexnoloji tətbiq uğurla sınaqdan çıxmışdır. Aşağıda göstərilən tibbi prosedurlarda nanotexnoloji üstünlükləri daha yaxşı görmək olar:

1. *Tibbi görüntülmə texnologiyaları.* Bu üsulla alimlər nanohissəciklərin köməyiylə qan dövranındakı xərçəng hüceyrələrini aşkarlaya bilirlər. Bu hissəciklərin köməyiylə inkişaf etdirilən görüntülmə üsulları yoluxmuş hissəni göstərərək xəstəliyin gedişatında mühüm vəzifə daşıyır. Müalicə zamanı hər mərhələdə bir addım irəlini göstərə bilir (Şəkil 2).



Şəkil 2. Nanogörüntülmə ilə xəstə hüceyrənin təyini

2. *Nanobotlar.* Bunlara “miniatür cərrahlar” da deyilir. Nanobotlar mikro ölçülü robotlardır. Hüceyrədaxili strukturu bərpa etmək və ya dəyişdirmək üçün istifadə olunur. Əsas xüsusiyyətləri isə genetikadakı əskikliyi düzəltmək üçün özlərini kopyalaya bilirlər. Bundan başqa DNK molekullarını dəyişdirərək ümumilikdə xəstəliyi aradan qaldıra bilirlər (Şəkil 3).



Şəkil 3. Nanorobotların hüceyrə üzərindəki işi

3. *Nanoliflər.* Nanoliflər, əsasən, yara örtüklərində, implantlarda, süni orqan birləşmələrində istifadə olunur. Alimlər yaranın üzərində saxlandıqda yara sağaldığı zaman dəri tərəfindən udulan “ağıllı sarğılar” inkişaf etdirmək üçün təcrübələr aparırlar. Bu sarğılarda olan nanoliflər, laxtalanma göstəriciləri, antibiotiklər və hətta infeksiya göstəricilərini təyin etmək üçün sensorlar ola bilər.

4. *Nanotexnologiyaya əsaslanan geyilə bilən cihazlar.* Səhiyyədə parça əsaslı nanotexnologiya xəstələrin uzaqdan monitorinqində də istifadə olunur. Bu cür geyilə bilən cihazlarda ürək döyüntüsü, tər komponentləri və qan təzyiqi kimi tibbi məlumatları qeyd edən parça daxil edilmiş nanosensorlar var. Bu, istifadəçini və tibb mütəxəssislərini bədənin qarşılaşdığı hər hansı mənfi dəyişikliklər barədə xəbərdar etməklə həyatlarını xilas etməyə kömək edir. Bu kostyum fonokardiografiya, vuruş həcmi və ürək çıxışını çəkmək və qeyd etmək üçün parça əsaslı nanosensordardan istifadə edir. O, həmçinin ürək dərəcəsinin dəyişkənliyini, tənəffüs dərəcəsinə, torakal impedansı, fəaliyyəti və duruşunu izləyən çoxkanallı EKQ qiymətləndirmə texnologiyasını ehtiva edir (Altınbudak, 2021: 1).

Nanotexnologiya sənayedə. Son zamanlarda nanotexnologiyalar əsasında robotlar yaradılır. Bu robotların hazır atomlardan istənilən əşya hazırlayacağı nəzəri cəhətdən mümkündür. Nanotexnologiyalar kənd təsərrüfatında da istifadə edilə biləcək. Molekulyar robotlar kənd təsərrüfatı bitkiləri və heyvanlarının əvəzinə qida məhsullarına özləri hazırlayacaq. Məsələn, inəyin iştirakı olmadan südü birbaşa otdan almaq nəzəri cəhətdən mümkündür. Nanotexnologiyalar ekoloji mühiti də sabitləşdirmək iqtidarındadır. Ona görə ki, yeni sənaye növləri planeti zəhərləyən tullantıların olmasına yol verməyəcək. Nanorobotlar digər planetlərdə insanın yaşayışı üçün mühit qurulmasına imkan verəcək (Ələvsətqızı, 2009: 1).

Geyim konsepsiyası geyilə bilən texnologiyalarda innovasiyalar vasitəsilə transformasiyadan keçir. Smart geyim Nyu-York, London və Parisdə məşhur moda həftələrində aktiv şəkildə nümayiş etdirilir. Moda dizaynerləri funksional materiallar hazırlayır və inteqrasiya edirlər. Ortaya çıxan isə rabitə cihazları, çevik elektronika və nanomateriallar üçün geyim və dizayner paltarlardır. Məsələn, Philips öz rənglərini əsas götürə bilən paltar (Bubelle) hazırladı ki, sahibinin əhvalına uyğun olaraq rəng dəyişə bilər. Black Eyed Peas da texnologiyayı bu mərhələdə qəbul etdi, məsələn, onlar istifadə zamanı orqanik işıq yayan diod (OLED) əsaslı geyim və onların adaptiv materiallarını nümayiş etdirdi. Moda və texnologiya şirkəti Studio XO "rəqəmsal su pərisi büstqalter" düzəltdi. Kristalları Azealia Banks'ın real vaxt rejimində rap oxumasına qədər zamanla parıldadı. Bu yaxınlarda TechHaus, the Haus of Gaga-nın texniki şöbəsi, Lady Gaga üçün bir sıra səhnə performans paltarları hazırladı. ARTPOP kampaniyası (2013).

Nanotexnologiya hərbdə. XXI əsr reallığında, nanotexnologiya müasir hərbi əməliyyatların xarakterində, gedişatında və nəticələrində də xeyli dəyişiklik etmişdir. Belə ki, ordu silahlanmasında, hərbi rabitədə, hərbi qüvvələrin müdafiə geyimində, hərbi tibb sahəsində bir çox innovasiyalar əldə edilmişdir. Təqribən 200 mikron ölçüsü olan "gözəgörünməz" silah- "həşərat" düzəldilmişdir. Əgər 50 milyard sayda bu cür silah hazırlanarsa, Yer üzündə hamını məhv etmək kifayətdir. Bu ölçülərdə belə silah bir çamadana yerləşə bilər. Nanotexnologiyaların köməyi ilə hazırlanan odlu silahlar çox güclüdür. Hazırda nanotexnologiyanın inkişafı informasiya texnologiyalarından sonra üçüncü elmi-texniki inqilab hesab olunur və dünyanın qabaqcıl ölkələri də məhz bu sahənin inkişafı üçün ciddi maliyyə vəsaitləri ayırırlar.

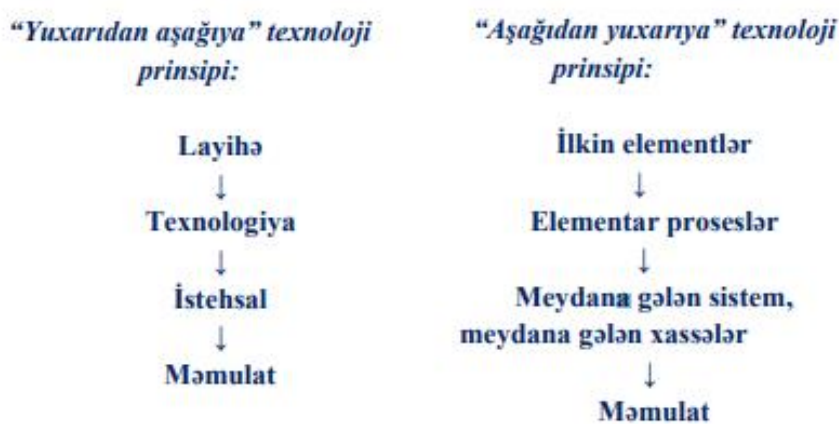
Azərbaycanda da hərbdə nanotexnologiyanın əhəmiyyəti məhz 44 günlük vətən müharibəsində aydın şəkildə görüldü. İkinci Qarabağ müharibəsi zamanı İHA-lar müharibənin taleyində mühüm rol oynadı. Belə ki, mümkün olan ən az itki ilə müharibə Azərbaycanın qələbəsi ilə sonlandı.

Müdafiə sənayesində beynəlxalq miqyasda aparılan nanotexnologiya işləri, robot texnikası, ağıllı formalar, yüngül qoruyucu kostyumlar, beyin-maşın qarşılıqlı əlaqəsi, çevik ekran sistemləri, ağıllı tekstillər, biomaye sensorlar, süni orqanlar və qan, dərmanların hədəfə çatdırılması, simsiz sensor peyvənd, toxuma mühəndislik və s. ərazilərin cəmləşdiyi müşahidə olunub. Ölkəmizdə aparılan nanotexnologiya tədqiqatları ilə nanomateriallardan istehsal edilən yüngül materiallar və nəqliyyat vasitələri, nano örtüklü zirehlər, minaaxtaran həssas nanosensorlar, nano örtüklü görünməzlik texnologiyası qabiliyyəti, nanofiltrli qaz maskaları və filtrlər, quraşdırılmış nanosensorlar və s. istifadə imkanlarına baxılır. Məqsədin nanosistemlərə nail olmaq olduğu müşahidə edilmişdir (Kosalı, 2019: 1).

Nanotexnologiya neft sənayesində. Nanotexnologiyaların tətbiqi neft-qaz hasilatının effektivliyini yüksəldir. Gələcəkdə nanohissəciklər, nanosensorlar və nanorobotlar neft-qaz

hasilatında normaya çevrilə bilərlər. Nanotexnologiyalarla materialların maqnetik, elektrik, optik, termal, möhkəmlik göstəricilərinin yüksəldilməsi mümkündür. Onlar neft yatağının kəşfiyyatı zamanı yüksək temperatur və təzyiq altında sensor rolu oynaya bilər, quyuda maye axınıni tənzimləməyə yardım edir (RBN, 2019). Ümumiyyətlə, xarici neft şirkətləri nanotexnologiyalardan kəşfiyyatdan hasilata və nəqlə qədər bir çox sahədə istifadə edirlər. Qeyd edilənlərlə birlikdə, material və avadanlıqların xarakteristikalarının möhkəmləndirilməsi, quyu dibi qalıq ehtiyatların maksimum hasil edilməsi, qazma mayelərinin göstəricilərinin zənginləşdirilməsi və s. buraya aid edilə bilər (Atakişiyev, 2021: 75).

Nanotexnologiya texnologiyada yeni strategiyadır: “yuxarıdan aşağıya” (daha doğrusu, lazımsız hissələrin ayrılması yolu ilə tədarükdən detalların və ya hazır məmulatların alınması) emal əvəzinə “aşağıdan yuxarıya” (daha doğrusu, təbiətin elementar “hissəciklərindən” – atomlar və molekullardan məmulatın tullantısız molekulyar dizaynı) quraşdırması və ya öz-özünə quraşdırması (self-assembly) meydana gəlir (Şəkil 4).



Şəkil 4. Nanotexnologiyada texnoloji prinsiplər

Nanohissəciklərin əmələ gəlməsinin təkamül marşrutu əsasında aşağıdakı mexanizm durur: əgər sistemin ilkin vəziyyəti B qaz (məhlul) reagenti ilə əhatələnmiş bərk reagent A maddəsi hesab edilirsə. Maddə buxarlanır (həll olur). Buxarda $A + B \rightarrow AB$ homogen reaksiyası baş verir və buxar AB-yə görə doymuş olur. Onda AB nanohissəcikləri əmələ gəlir, böyüyür, aqreqatlaşır və “qocalır”, belə ki, qocalma zamanı onların forması dəyişir, qeyri-taraz qeyri-stexiometrik ləğv edilir.

Bununla eyni zamanda B molekulu qazdan A maddəsinin səthinə keçir, burada AB səth nanohissəcikləri əmələ gəlir. Bundan başqa, B molekulu maddə həcminə diffuziya edir, burada AB həcm nanohissəciklərinin ayrılması ilə struktur yenidən qurulması baş verir. Bu zaman səth və həcm nanohissəcikləri iriləşir və “qocalır”. Təkamülün bütün digər marşrutlarına mövcudun variantları kimi nəzərdən keçirmək olar. Ona görə də nanotexnologiyada yeni paradigma üçün fiziki əsas Mendeleev cədvəlindən maddənin hər bir atomunun xassələrinin dərin bilikləri və $0,1 < r < 1$ nm məsafədə onlar arasında cazibə qüvvəsinin mövcudluğu hesab edilir (Kalteh, 2014: 43-46).

Üsul	Üsulun variantı	Obyektlər
Toz texnologiyası	Qazfazalı çökdürmə və kompaktlaşdırma (Qleyter üsulu). Adi presləmə və yapışdırma. Elektrik boşalma ilə yapışdırma. Təzyiq ilə qaynar emal (qaynar presləmə, döymə, ekstruziya)	Metallar, ərintilər, birləşmələr
İntensiv plastiki deformasiya	Yüksək təzyiqlərdə fırlanma ilə deformasiya. Bərabər kanallı bucaq preslənməsi. Təzyiq altında çoxtəbəqəli kompozitlərin emalı. Fazalı pərçimləmə.	Metallar və ərintilər
Amorf vəziyyətdən nəzarət olunan kristallaşma	Adi təzyiqdə kristallaşdırma. Yüksək təzyiqlərdə kristallaşdırma.	Amorf maddələr
Örtük və pərdə texnologiyası	Qaz fazadan kimyəvi çökdürmə. Qaz fazadan fiziki çökdürmə. Elektrik çökdürmə. Zol-gel-texnologiya	Metallar, ərintilər, birləşmələr

Cədvəl 1. Möhkəmləndirilmiş nanomaterialların alınmasının əsas üsulları

Cədvəl 1-də gördüyümüz metodların heç biri digərləri ilə rəqabətdə deyil, daha çox strukturun saxələrinə, xassələrinə və real təcrübələrdə tətbiqini əhatəli şəkildə böyüdərək bir-birlərini tamamlayırlar. Buna görə də demək olar ki, nanomaterialların alınma metodlarının müxtəlifliyi – həmin materialların üstünlüklərindəndir.

Nanohissəciklərin duz stresinə təsiri. Torpaqların şoranlaşması davamlı kənd təsərrüfatı istehsalına nail olmaq yolunda əsas problemdir. Dünyada əkin sahələrinin 20%-dən çoxunun şoranlaşdığı və bu prosesin getdikcə intensivləşdiyi proqnozlaşdırılır. Duz stressi, bitkilərin böyüməsinə və məhsuldarlığına mənfi təsir göstərir. Nanogübrələrin istifadəsi torpaqların toksikliyini və bitkilərin duz stresinə qarşı davamlılığını tənzimləmək üçün potensial bir yanaşma ola bilər. Silikon nanohissəcikləri və silikon gübrələri duz stressi şəraitində reyhan bitkisinin fizioloji və morfoloji xüsusiyyətlərinə ümidverici təsir göstərdiyi bildirilir (Celep, Koc, 2008: 43).

Nanotekstil. Təxuculuq və hazır geyim məmulatları üçün hidroizolyasiya, ləkə və su izolyasiyası, qırıqlara qarşı müqavimət, mikrob əleyhinə, antistatik, UV-dən qorunma, yanğın gecikdirici və ya güc alov gecikdirmə və daha yaxşı rəngləmə qabiliyyəti kimi xüsusiyyətləri təmin edən nanotexnologiyaya əsaslanan texnologiya məhsulları hazırlanmış və bu məhsulların istifadəsi geniş vüsət almışdır.

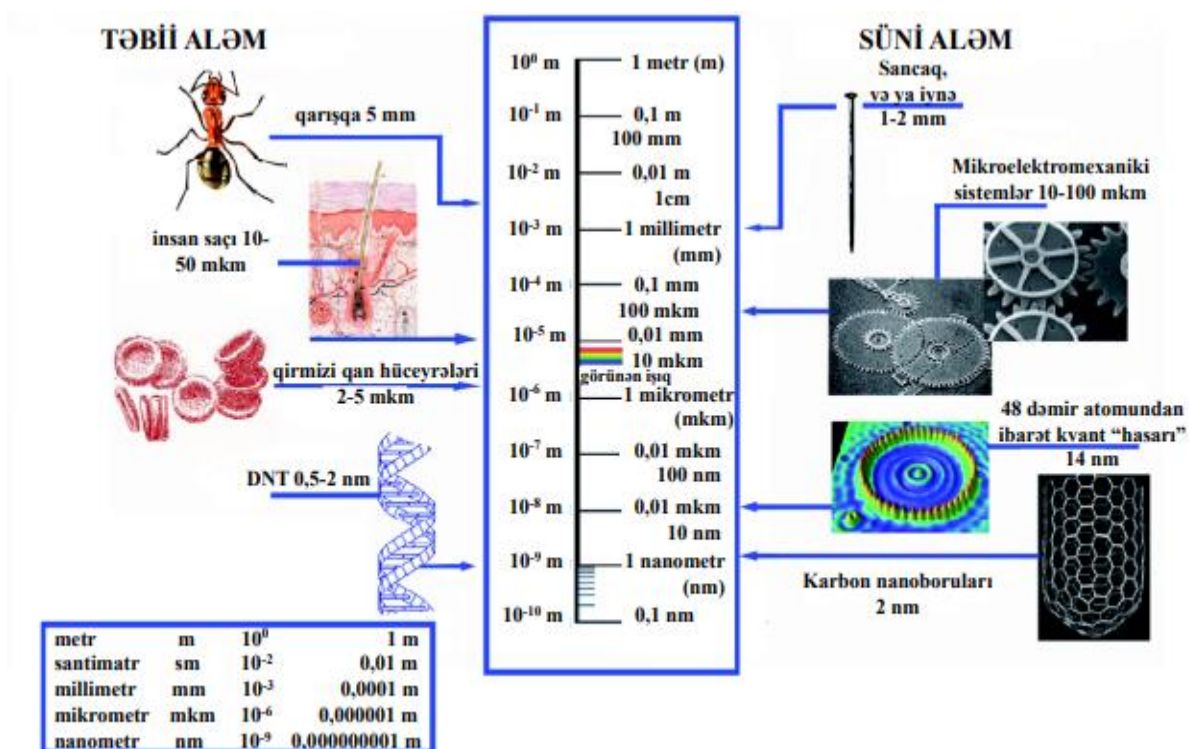
Şəkil 5-də göstərilən tekstil məhsulları nanotexnologiya ilə istehsal edilmişdir.



Şəkil 5. Nanotexnologiya ilə istehsal olunan tekstil məhsulları

Şəkil 5-də antimikrob corablar; pis iy vermir, göbələkləri öldürür, milyonlarla görünməz gümüş nanohissəcikləri ehtiva edir, 50 dəfə yuyulduqdan sonra belə 99,9% qoruyucu xüsusiyyətlərə malikdir. Şort tez quruyur, suyu saxlamır, zərərli ultrabənövşəyi şüaları keçirmir. Şalvarlara gəlincə, kir tutmayan və qırıqlara qarşı xüsusiyyətlərə malikdir.

Nanodünya. 1956-cı il. Uxlip tərəfindən nanoməsəmli silisium kəşf edilir. Nobel mükafatı laureatı amerikalı fizik Riçard F.Feynman 1959-cu ildə «Aşağıda çoxlu yer var» başlığı altında mühazirəsi ilə elmdə nanotexnologiyanın əsasını qoymuş olur. Bu mühazirədə ilk dəfə qeyd edilmişdir ki, insan bir-bir istədiyi atomlar üzərində manipulyasiya etməklə, onları xüsusi qaydada düzə bilər və bununla da, yeni maddələr hazırlamış olar. Lakin o dövrdə Riçard F.Feynmanın sözlərinə bir xülya kimi baxmışlar. Bu sahəyə marağı artırmaq üçün Feynman, sancağın ucunda kitabın bir səhifəsini yazan şəxsə 1000 dollar priz verəcəyini belə vəd etmişdir. Bunu, ilk dəfə 1964-cü ildə etdilər (Qasımzadə, 2019: 141).



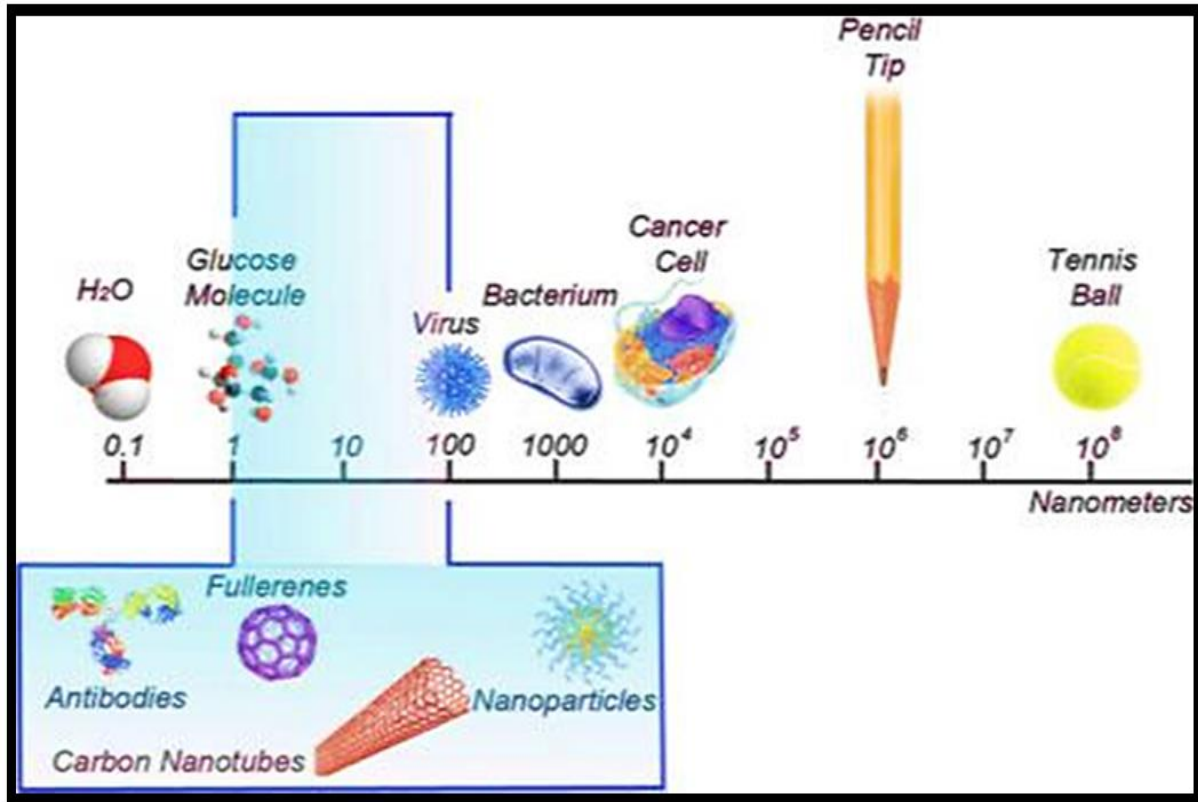
Şəkil 6. Nanohissəciklərin təbiətdəki quruluşları

Neft sənayesi. Neft sənayesində də çoxsaylı investisiya qoyuluşları arasında yeni innovasiyaların, o cümlədən bu sıradan olan nanotexnologiyaların işlənməsi, inkişaf etdirilməsi üçün dövlətlə bərabər ölkədə fəaliyyət göstərən neft şirkətləri də fəaliyyətlərini gücləndirməlidirlər. Azərbaycanda artıq neftin hasilatı XX əsrin əvvəllərində olduğu kimi asanlıqla (fontanla) başa gəlmir, hər yeni quyunun qazılması, oradan neft hasilatı böyük çətinliklərlə müşayiət olunur və belə bir şəraitdə yeni texnologiyalar olmadan dünya bazarında rəqabətə davamlı olmaq və maya dəyərini aşağı salaraq maksimum mənfəət götürmək mümkün deyildir. Azərbaycan Respublikasının Dövlət Neft Şirkətində də nanotexnologiyaların işlənməsinə diqqət daha da artırılmalı, bu texnologiyaların daha geniş aspektlərdə tətbiqi stimullaşdırılmalıdır (Abdelrahman İbrahim El-Diasty, 2013: 3).

Riçard Feynman (1959-cu ildə) cihazların və materialların nə vaxtsa atom xüsusiyyətlərinə uyğun hazırlana biləcəyini təklif edən ilk alim idi: “Fizika prinsipləri, mənim gördüyüm qədər, atomu maneəvər etmək imkanlarına qarşı deyil”.

Bu konsepsiya 1986-cı ildə K.Erik Drexlerin 'Yaradılış Mühərrikləri' kitabında genişləndi və populyarlaşdı.

Nanotexnologiya termini Feynmanın vizyonuna aiddir. Şəkil 7-də göstərilədiyi kimi, bu, müxtəlif miqyaslı şeylər arasında müqayisədir ki, bu nanometrə istinad edilir (10).



Şəkil 7. Nanometrə istinad edilən əşyaların miqyası (Mənbə: <http://inl.int/>)

Fullerenlər və Karbon Nanoborular: Fulleren, içi boş kürə şəklində tamamilə karbondan ibarət hər hansı bir molekuldur. Ellipsoid və ya boru. Sferik fullerenlərə **buckyballs** da deyilir. Silindirik olanlara karbon nanoborucuqları və ya **buckytubes** deyilir (“Neft və qaz emalında kataliz” (Nanokataliz-I): “Neft emalında kataliz” və “Qaz emalında kataliz” fənləri üzrə dərs vəsaiti, 2020: 11).

Karbon nanoborular (CNTs) silindrik nanostrukturlu karbonun allotroplarıdır ki, karbon nanoborular bunlar ilə hazırlanmışdır, uzunluq-diametr nisbəti 132.000.000:1-ə qədərdir. Nanoborular tək divarlı nanoborular (SWNTs) kimi təsnif edilir və çoxdivarlı nanoborular (MWNTs). Karbon nanoborular digər lif materialları ilə müqayisədə sərtlik, möhkəmlik və möhkəmliyin unikal birləşməsini nümayiş etdirir. Adətən bu xüsusiyyətlərdən biri və ya bir neçəsi yoxdur. İstilik və elektrik keçiriciliyi də çox yüksəkdir və digərləri ilə müqayisə edilə bilər (Vəliyeva, 2018: 6-10).

Nəticə

Tədqiqatın nəticəsində belə bir fikir söyləmək olar ki, nanotexnologiya elə sahədir ki, orta məktəbdən başlayaraq ilkin praktiki təcrübələrlə gələcəkdəki akademik fəalliyətlərdə də çox sağlam nəticələr əldə etmək olar. Sənayedə, tibbdə, tekstildə və s. bir çox geniş spektrli eksperimentlər aparılaraq yeni quruluşlar, nanomaddələr və bir çox innovativ dəyişiklər etmək olar. Məhsuldarlığın artırılması, seçimin çoxluğu, müdafiə xarakterli məhsulların istehsalı və ən əsası, gündəlik həyatda insan həyatını riskə atmadan bir çox yeni metodların kəşfi nanotexnologiya sahəsi ilə olacaqdır. Yeraltı və yerüstü sərvətlərin, təbiətin qorunması baxımından təqdirəlayiq addımlar atılmaqdadır.

Ədəbiyyat

1. Əlövsətqızı, V. (2009). Üçüncü elmi-texniki inqilab: Nanotexnologiya, 4 noyabr. Modern.az.
2. Ramsden, J. (2013). The nanotechnology industry. The University of Buckingham, MK18 1EG, UK.
3. Altımbudak, N. Sağlamlıq-Texnologiya, Sağlamlıqda Nanotexnologiya, Nanomedicine Nədir? 12.10.2021.
4. Kosalı, O., Kara, M. (2019). Müdafiə Sənayesində Nanotexnologiya, Beynəlxalq Türk Dünyası Elm və Mühəndislik Konqresi.
5. Atakişiyev, M., Qasımzadə, E. (2021). Nanotexnologiyaların neft sənayesində tətbiqinin və maliyyələşdirilməsinin beynəlxalq təcrübəsinin tədqiqi. AMEA, İqtisadi Artım və İctimai Rifah. №1, 80 s.
6. Kalteh, M., Alipour, Z.T., Ashraf, S., Aliabadi, M.M., Nosratabadi, A.F. (2014). Effect of silica nanoparticles on basil (*Ocimum basilicum*) under salinity stress. *Journal of Chemical Health & Risks*. 4, pp.49-55.
7. Celep, Sh., Koc, E. (2008). Nanotechnology and Its Application Areas in Textile. *Institute of Science and Technology*. Volume: 17-7, pp.43-46.
8. Qasımzadə, E. (2019). Azərbaycanın neft sənayesində nanotexnologiyalardan istifadənin cari vəziyyəti və nanotexnologiyaların iqtisadi təsirlərinin araşdırılması. *İpək Yolu*. № 2, s.141-153.
9. Conference: North Africa Technical Conference and Exhibition Applications of Nanotechnology in the Oil & Gas Industry: Latest Trends Worldwide & Future Challenges in Egypt, Adel M. Salem, Abdelrahman Ibrahim El-Diasty, 13 p.
10. <https://biomaterialskingston.files.wordpress.com/2017/03/sc2-1.jpg?w=1108>
11. “Neft və qaz emalında kataliz” (Nanokataliz-I): “Neft emalında kataliz” və “Qaz emalında kataliz” fənləri üzrə dərs vəsaiti. (2020). Bakı: ADNSU, 143 s.
12. Vəliyeva, L. (2018). Nanotexnologiyanın inkişaf mərhələləri. Bakı Dövlət Universiteti, mühazirə materialı, 24 s.

Göndərilib: 23.11.2023

Qəbul edilib: 27.01.2024