

P L A N

1. Fənnə giriş
2. Nanohissəcik və ya nanoquruluş terminləri nədir və onların hər biri haqqında qısa məlumat.
3. Nanoquruluşlarda ölçü effektləri.
4. Nanoquruluşların alınma üsulları.
5. Nanoquruluşların tədqiqində istifadə olunan üsullar.
6. Nanoquruluşların tətbiq sahələri.



MÜHAZİRƏ -1

Nanoquruluşların təbiət hadisələri ilə bağlılığı.

Nanoquruluşlardan qədim insanlar necə istifadə ediblər?

Nanoquruluşların yaranma və orqanizmə daxil olma yolları.

Nanozərrəciklərin antibakterial xassələri.

Nanotexnologiyalar nədir və onların inkişaf mərhələləri.

Biz milyard sayda nanoquruluşlarla əhatə olunmuş dünyada yaşayırıq. Nanoquruluşlara həm kosmosda, həm atmosferdə, həm hidrosferada, həm dağ süxurlarında, həm də Yeraltı maqmalarda rast gəlmək olar. Bunun əyani sübutu kimi keçən əsrin sonlarında amerika və rus kosmonavtları tərəfindən kosmosdan və Aydan gətirilmiş qrunun tərkibinin analizi nəticəsində orada aşkar edilmiş 10-150 nm ölçüyə malik və həmin illər elmə məlum olmayan tozcuqları göstərmək olar. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilib ki, nanoquruluşlar Yerdə hətta həyatın başlanğıcından çox-çox əvvəllər mövcud idi. Belə ki, həm Yerdə, həm də kosmik fəzada baş verən əksər təbii proseslər ölçü və formasına görə, rənginə, optiki, elektrik və maqnit xassələrinə görə bir-birindən kəskin fərqlənən nanoquruluşların (nanozərrəciklərin, və ya nanoobyektlərin) birləşməsi və parçalanması ilə reallaşır. Hətta bir çox təbii yataqlarımız da nano ölçülü quruluşların nəticəsidir. Müəyyən olunub ki, dağ süxurlarında olan nanominerallar daxilə baş verən kimyəvi reaksiyalar nəticəsində metastabil hala keçərək faydalı yataqlar əmələ gətirirlər. Yataqlar çıxarıldıqdan sonra isə qalan boş yerlər təsirsiz qazlarla və metal qarışıqları ilə dolaraq ikincili yataqlar, xüsusilə də qızıl və gümüş yataqları yaranır. Tədqiqatlardan aydın olub ki, “boş terrikonlar” (yəni yataqlar) ~ 20 ildən sonra ikincili yataqlara çevrilirlər. Bu deyilənlərdən sizlərdə belə təsəvvür formalaşa bilər ki, gələcəkdə bütün faydalı qazıntılar çıxarıldıqdan sonra, onların

yerində yalnız metallardan ibarət yataqlar yaranacaq və bizim sənayemiz üçün lazım olan faydalı yataqların tükənməsi hesabına iflic vəziyyətinə düşəcək. Lakin əslində bu belə deyildir. Son illər alimlər tərəfindən çoxlu sayda nanofazalı yataqlar aşkar edilmişdir ki, bu yataqlar Yer qabığının hərəkəti nəticəsində dəniz sularında və yeraltı sulara mövcud olan bir çox elementlərlə birləşərək yeni yataqların yaranmasına səbəb olurlar. Buna misal olaraq ~ 2 il bundan öncə Muruntanda aşkar edilmiş minerallaşmış platini göstərmək olar. İlk vaxtlar bu sahə qızıl yatağı olmuş, qızıl çıxarıldıqdan sonra isə boş torpaq hərraca çıxarılmışdır. Lakin aparılan tədqiqatlar nəticəsində orada minerallaşmış platin tapılmış və bundan sonra torpağın satışına qadağan qoyulmuşdur. Müəyyən olunub ki, Mendeleev cədvəlində olan bütün elementlərdən ibarət belə “boş” yerlər Yer kürəsində külli miqdardadır və onların gələcəkdə yeni yataqlara çevriləcəkləri artıq bizlərdə şübhə doğurmur. Ona görə də əgər biz təbiətdə baş verən bütün proseslərin –xüsusi ilə də geokimyəvi, meteoroloji, fiziki-kimyəvi proseslərin baş vermə, və həmçinin, planetlərin yaranma mexanizmlərini başa düşmək istəyiriksə, mütləq bu prosesləri hərtərəfli tədqiq etməliyik. Bu işdə nanoquruluşların fiziki-kimyəvi xassələrinin araşdırılması bizə çox kömək edəcək.

Son illər ərzində aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olub ki,

Sən demə, qədim insanlar da nanotexnologiyalar ilə məşğul olurlmuş.

Belə ki, Ardex qayalarında aşkar olunmuş qayaüstü şəkillərin 1994-cü ildə tədqiqi bu şəkillərin ~ 31.000 il bundan əvvəl insanlar tərəfindən çəkildiyini sübut etmiş və şəkillərin çəkilməsi üçün istifadə olunan qırmızı rəngin nano tərkibli olduğu aydın olmuşdur.

Bundan başqa, VIII əsrdə Çinlilər tərəfindən kəşf olunmuş “qara pudra”dan 1000-ci illərdən başlayaraq hərbi döyüşlərdə barıt kimi istifadə edilirdi. Hələ o zamanlar Çinlilər belə qənaətə gəlmişlər ki, pudranın - tozun hissəciklərinin ölçüləri kiçik olduqca alışmanın sürəti böyük olur.

Daha bir misal olaraq xristian kilsələrini, sarayları bəzəyən və bizim dövrümüzdə qədər gəlib çatan şüşələri, müxtəlif ölçülü şüşə qabları göstərmək olar. Tədqiqatlar nəticəsində aydın olmuşdur ki, şüşə hazırlanması texnologiyası insanlara eramızın təqribən 400-cü illərindən məlum idi. Sonralar naməlum səbəblər üzündən bu texnologiya unudulmuş və yalnız XVI əsrdə yenidən inkişaf etmişdir. Ən maraqlı fakt ondan ibarətdir ki, bu şüşələrdən hazırlan qabların

üzərinə işıq şüası salındıqda, bu qablar müxtəlif rəngdə olur. Belə ki, bu qablar əks olunan işıqda yaşıl rəng alır, lakin ondan keçən işıqda isə qırmızı rəngdə olur.

Qədim insanlara nanotexnologiyaların məlum olmasını sübut edən digər fakt kimi muzeylərdə saxlanılan və orta əsrlərə mənsub hərbi alətləri göstərmək olar. Belə ki, orta əsrlərdə yalnız Suriyada, xüsusilə də onun paytaxtı Dəməşkdə çox möhkəm, dayanıqlı və iti hərbi alətlər - qılınc-qalxan düzəldilirdi və onun düzəldilmə texnologiyası ustalar tərəfindən sirr olaraq saxlanılaraq, nəsil-dən-nəslə ötürülürdü. O dövrdə digər ölkələrdə - Hindistanda, Yaponiyada düzəldilən hərbi alətlərlə müqayisədə Suriya ustalarının düzəltdiyi alətlər möhkəmlik baxımından daha üstün hesab olunurdu. Bizim dövrə qədər gəlib çatan bu alətlərin keyfiyyət və kəmiyyət analizi göstərdi ki, Hindistan və Yaponiyada bu alətləri düzəltmək üçün istifadə edilən poladın tərkibində dəmirdən daşqal, 5% karbon, Dəməşk ustalarının istifadə etdiyi poladda isə karbonla yanaşı bir sıra metal qarışıqları da iştirak edir.

19-cu əsrdə yaşayıb-yaratmış alimlər nə qədər çalışsalar da, Dəməşk ustalarının əldə etdiyi poladın xassələrinə hətta azacıq yaxın olan polad əldə edə bilmədilər. Bunun izahı yalnız nanotexnologiyalar meydana gəldikdən sonra verildi. Sən demə materialı analiz edən zaman onun tərkibi ilə yanaşı, onun quruluşuna da nəzər salmaq lazım idi. Dəməşk poladınının kiçik hissəsini xlorid turşusunda əridən alman alimləri, onun tərkibindəki karbonun adi qrafit layı şəklində yox, məhz karbon nanoboruları quruluşunda olduğunu və nanoborunun boş olan daxilinə isə sementitlə doldurulduğunu müəyyən etdilər. Məhz sementitin nazik lifləri ayrı-ayrı nanoboruları bir-birinə birləşdirərək, materiala xüsusi möhkəmlik və elastiklik verir. “Lakin bunu o dövrdə Dəməşk ustaları necə edirdilər?” sualı alimləri yəqin ki, uzun illər düşündürəcək.

Nanoquruluşların yaranma və orqanizmə daxil olma yolları

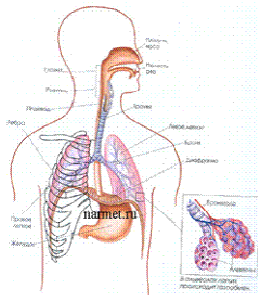
Müəyyən olunub ki, nanozərrəciklər bir sıra təbiət hadisələri zamanı, məsələn, meşə yanğınları, qum tozanağı və vulkan püskürməsi vaxtı yarana bilirlər və onların insan orqanizminə təsirləri fəsadsız keçmir. Ona görə də son illər yanğınlar zamanı insanların, xüsusilə də yanğınsöndürənlərin uyğun geyimdən istifadə etmələri məsləhət görülür. Lakin təbiət hadisələrindən başqa, insan öz həyat fəaliyyəti nəticəsində də nanozərrəciklər yaradır. Bunlara misal olaraq, **yemək hazırlayarkən ocaqda yaranan nanozərrəcikləri, müxtəlif qızdırıcılardan ayrılan nanozərrəcikləri, şamın tüstüsündə olan nanozərrəcikləri, qaynaq işləri zamanı yaranan nanozərrəcikləri, dizel mühərriklərindən ayrılan nanozərrəcikləri (bunlar içərisində son illər atmosferin çirklənməsinə daha çox səbəb olan avtonəqliyyat ön plana çəkilir), və ən vacib faktor kimi sənaye tullantılarından yaranan nanozərrəcikləri**

göstərmək olar. Bütün bunlar illər boyu bizim orqanizminizdə yığılaraq, müxtəlif xəstəliklərin, o cümlədən bəd xassəli şişlərin yaranmasına səbəb olur. Hətta bizim gündəlik həyatımızda istifadə etdiyimiz dezodorantlar da sən demə bizim orqanizminizdə öz mənfi izlərini qoyur.

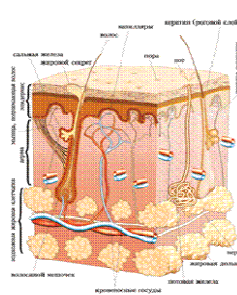
Müəyyən olunub ki, bütün nanozərrəciklər insan orqanizminə 3 yolla daxil olmaq imkanına malikdir:

1. İnqalyasiya yolu ilə;
2. Dəri vasitəsilə;
3. Nəfəs yolu ilə.

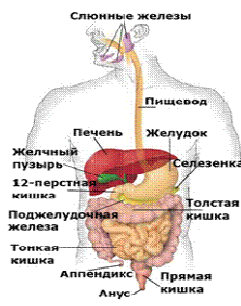
• inqalyasiya ilə



• dəri ilə



• nəfəs yolu ilə



Daxilolma yollarından asılı olmayaraq, bütün nanozərrəciklər insan orqanizmində müxtəlif fəsadlar verə bilər. Bunun qarşısını almaq üçün hər birimiz gigiyenik qaydalara dəqiq riayət etməli, istifadə etdiyimiz bütün kosmetik və yeyinti nəhsullarına qarşı çox tələbkar olmalıyıq və hətta həkim tərəfindən tərkibində nanoquruluş olan dərman preparatı məsləhət bilindikdə belə, onu bütün təlimatlara riayət edərək qəbul etməliyik. Çünki nanozərrəciklərin ölçüləri də mühüm faktorlardan hesab olunur. Düzgün ölçü seçilmədikdə hər bir nanozərrəcik orqanizminizdə toksiki prosesin getməsinə və onda hətta ölümə səbəb olacaq zəhərlənmənin baş verməsinə səbəb ola bilər. Hal-hazırda antibakterial xassələrə malik bir çox nanozərrəciklərdən kosmetikada, diş pastalarında, dezinfeksiyaedici maddələrdə, yuyucu maddələrdə geniş istifadə olunur.

Nanozərrəciklərin antibakterial xassələri

Bir çox nanozərrəciklər antibakterial xassələrə malikdirlər. Bunlara misal olaraq gümüşü, qızılı və s. göstərmək olar. **Gümüş** ionları tərəfindən bakteriya və mikroorqanizmlərin neytrallaşması hələ qədimdən məlum idi. Müəyyən olunmuşdur ki, gümüş nanozərrəcikləri digər maddələrlə müqayisədə bakteriya və

mikroblarla daha effektiv mübarizə aparır. Qədimdə isə əgər məlumatınız varsa, bizim nənələrimiz su və yeməli məhsulları yalnız gümüş qablarda saxlayırdılar ki, bu da məhsulun bakteriyadan xərəb olmasının qarşısını alırdı. Uzaq yola gedən səyahətçilər hətta süd və süd məhsullarını da gümüş qablarda aparırdılar.

Böyük Vətən müharibəsində döyüş meydanlarında dərman preparatlarının çatışmadığı hallarda, bizim peşəkar həkimlərimiz müxtəlif yaraların sağalmasında gümüşdən məharətlə istifadə etmişlər. Hətta gümüş suyu ilə sümük vərəmi nəticəsində dəridə yaranan və dərman preparatları ilə əksər hallarda sağalmayar xoraları da sağaltmaq mümkün olmuşdu. Ən maraqlı tədqiqat işləri 19-cu əsrin sonunda fransız həkimi Benye Kredo tərəfindən aparılmışdır. O, gümüş ionları ilə sepsisin müalicəsində yaxşı nəticələr əldə etdiyini söyləmişdi. Bundan başqa, müəyyən olunub ki, keçən 2 əsr öncə insanların kütləvi ölümünə səbəb olan bir çox bakteriyalar da, məsələn, difteriya çöpləri gümüşün təsiri ilə 3 gün ərzində, stafilokok 2 gün ərzində, tif isə 1 gün ərzində ölür. Elə həmin dövrdə isveç botaniki Karl Hegel isə gümüş ionları ilə 650 növ bakteriyaların məhv olduğunu sübut etmişdi. Müqayisə üçün ixtiyari bir antibiotiki göstərmək olar ki, onların təsiretmə spektri 5-10 növ bakteriyayı əhatə edir. Ən maraqlı fakt ondan ibarətdir ki, antibiotiklər ilə orqanizmə vacib olan xeyirli bakteriyalar öldüyü halda, gümüş ionları həmin bakteriyalara təsir etmir, o yalnız zərərli bakteriyaları məhv edir.

Daha bir maraqlı fakt ondan ibarətdir ki, gümüşlə daha çox təmasda olan zərgərlərin dərisinin rəngi “zaqar” rəngində olur ki, bunu da tibbdə **arqiriya** adlandırırlar. Bu insanların müayinəsi isə onlarda heç bir xəstəliyin olmadığını, və həmin insanların dugərləri ilə müqayisədə, bir çox virus və bakterioloji xəstəliklərə qarşı müqavimətlərinin güclü olduğu aşkar olunmuşdu.

Sübut olunmuşdur ki, yüksək konsentrasiyada dizenteriya bakteriyaları olan suya 1 mq/l miqdarında gümüş salındıqda, artıq 1-2 saatdan sonra həmin su steril olur.

İndi isə **qızıl nanozərrəciklərindən** söhbət açmaq istərdim. İlk növbədə onu qeyd etmək istərdim ki, qızıl da gümüş kimi antibakterial, antiseptik xassələrə malik olmasına baxmayaraq, onun təsir mexanizmi gümüş ilə müqayisədə bir qədər zəifdir. Belə ki, əgər difteriya çöpləri gümüş plastinka üzərində 3 gün ərzində məhv olursa, qızıl plastinkası üzərində 6 gün ərzində. Eyni ilə stafilokok da gümüşdə 2 gün ərzində, qızıl isə 9 gün ərzində məhv olur.

Qızılın da qiymətli xassələri qədim insanlara məlum idi. Hətta bir-biri ilə düşmən qəbilələr barışıq elan etdikdə, əks tərəfə qızıl qabda yemək göndərirdi və qarşı tərəf bilirdi ki, əgər yemək qızıl qaba qoyulubsa, deməli o zəhərli deyil. Çünki qızıl və zəhər bir araya sığmayan anlayışlardır, yəni zəhər qızıl qabda neytrallaşır.

Müasir elm sübut edib ki, hər bir insanın qanında az miqdarda da olsa qızıl zərrəcikləri vardır və bu zərrəciklər fizioloji cəhətcə fəaldır – orqanizmin əksər fizioloji proseslərində iştirak edir. Hesab edilir ki, hipertonik xəstələr, oynaq xəstələri, ürək xəstələri, depressiyada olan insanlar, allergik xəstəliklərdə və s. qızıl taxsalar müsbət effekt əldə edə bilirlər. Yəni orta yaşlı insanların qızıl taxmaları vacibdir. Uşaqlara gəldikdə isə, buna individual yanaşmaq lazımdır: zəif uşaqlar əlavə enerji mənbəyi sayılan qızıldan istifadə edə bilirlər. Cavan yaş dövrünü əhatə edən insanların isə qızıldan istifadə etmələri vacib deyil, çünki bu yaş dövründə olan gənclərə əlavə enerji lazım olmur, onlar elə öz enerjilərindən düzgün istifadə etsələr, bu onlara bəs olar. Lakin onu da qeyd etmək lazımdır ki, həddindən çox qızıl taxan insanların orqanizmlərində pis fəsadlar yarana bilər. Çünki, qızıl birləşmələri qara ciyərdə, böyrəklərdə, dalaqda, hipotalamusda toplanaraq bir sıra üzvi xəstəliklərə səbəb ola bilər.

Müasir tibbdə qızıldan bədən xassəli şişlərin diaqnostikasında və müalicəsində geniş istifadə olunur. Məsələn, hal-hazırda kimyaterapiyada nanoqızılın kolloid məhlulundan istifadə edilir. Ən son yeni üsulda isə mikroskopik nano-kapsullar şiş toxumasına yeridilərək, ona infraqırmızı şüalarla təsir edilir, və bununla da, həmin şiş hüceyrələrini məhv edilir. Maraqlısı odur ki, şüş hüceyrələri yanında olan sağlam hüceyrələr isə təsirsiz qalır.

Plastik əməliyyatlarda da qızıldan cavanlaşdırıcı element kimi istifadə edilir: qızılın bir neçə mikron tərtibli nazik sapları xüsusi ötürücülər vasitəsilə dəri altına yeridilir. Bir neçə gündən sonra həmin saplar ətrafında elastik kollagen toxuması formalaşır ki, bu da öz növbəsində cavan dərinin yaranması üçün karkas - özül rolunu oynayır.

Texnologiya və nanotexnologiya nədir?

Tarixdən məlumdur ki, Yerdə həyatın başlanması ilə bütün təbii proseslər insanlar tərəfindən məqsədyönlü şəkildə öyrənilməyə başlandı. Belə ki, insan meydana gəldiyi vaxtdan öz inkişafının hər bir bövründə yeni materialların əldə edilməsi və onların təkmilləşdirilməsi üzərində daim işləyib.

İnsan tərəfindən yeni xassələrə malik materiallardan istifadə edilməsi, onların alınması və emalı öz növbəsində yeni texnologiyaların yaranmasına səbəb oldu. **“Texnologiya”** termini yunan sözləri **“techne”** – bacarıq, məharət, qabiliyyət və **“logos”** – elm sözlərinin birləşməsindən əmələ gəlmişdir. Bu o deməkdir ki, **texnologiya - materialların məharətlə, bacarıqla emal edilməsi haqqında elmdir.**

Materialı emal etmək və ondan sənayedə son məhsul almaq üçün insan əsrlər boyu müxtəlif növ həndəsi ölçülərə malik materiallardan istifadə etmiş, edir və edəcəkdir.

Belə ki, insanın ilk istifadə etdiyi material çoxlu sayda atomlardan ibarət makro cisim olub. **“Makroskopik”** (makro – böyük) cisimlər insanın adi gözlə görə bildiyi cisimlərə deyirlər. Ətrafımızda nə görürüksə, məsələn, lövhə, parta, ağac, stul, bina - bunlar hamısı makrocisimlərdir. Lakin lövhənin və stəkanın hazırlanması, parçanın toxunması makrotexnologiyalar adlanır.

Optik mikroskopun kəşf edilməsi insanlarda mikro aləm haqqında təsəvvürlərin formalaşmasına zəmin yaratdı.

“Mikroskopik” (mikro – kiçik) cisimlər o cisimlərə deyilir ki, onların ölçüləri 1-100 mkm intervalında olsun. Bir daha yadıma salaq ki, mikro sözünü nəyinsə milyonda bir hissəsi deməkdir: $1\text{mkm} = 10^{-6}\text{m}$. Bioloji hüceyrə, qan eritrositləri, toxumalar və s. mikroaləmin obyektləridir. Elektron mikrosxemlərinin yaradılması, gen mühəndisliyi nəticəsində gen modifikasiyaları (yəni genlərin dəyişdirilməsi) - bunların hamısı mikroaləmin texnologiyalarıdır.

19-cu əsrdə müasir mikroskopiyanın, xüsusilə də AQM-nun (Atom-qüvvə mikroskopunun), STM-nun (Skanedici tunel mikroskopunun) kəşfi nano ölçülü obyektlərin tədqiqinə geniş imkanlar açdı.

“Nano” cisimlər o obyektlərə deyilir ki, onların ölçüləri 1-100nm diapazonunda olsun. Nano sözünü (nannos - karlıq deməkdir) ixtiyari ölçü vahidinin milyardda bir hissəsi deməkdir: $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$.

Bildiyimiz kimi, atom və molekulların da ölçüləri 0.1-1 nm tərtibindədir. Bu ölçü miqyasının kiçikliyi təsəvvürümüzdə canlandırmaq üçün adi insan saçını ilə hər hansı bir molekulu müqayisə etmək kifayətdir. Belə ki, insan saçının qalınlığı bir molekuldan təqribən 60 min dəfə böyükdür, yəni molekul insan saçının en kəsiyinin ölçüsündən 60 min dəfə kiçikdir.

Artıq aydındır ki, nanotexnologiyalar üzrə yaxşı mütəxəssis olmaq üçün, mütləq həm fizika, həm kimya, həm biologiya, həm də informatika sahəsində heç olmasa minimal biliyə malik olmaq ən əsas şərtlərdən biridir. Çünki, nano ölçü səviyyəsində fizika, kimya və biologiya kimi təbiət elmləri arasında sərhəd yox olur və bizim həm orta məktəb kursundan, həm də mexanika, molekulyar fizika, elektrik, atom fizikası kurslarından öyrəndiyimiz qanun və qaydalar, maddələrin xassələri öz mahiyyətini itirir. Burada kvant mexaniki qanunlara tabe olan yeni xassələr meydana çıxır. Ona görə də **nanotexnologiyalar maddənin gizli qalan, bizə məlum olmayan və qiymətli xassələrini öyrənən texnologiyalardır** desək, səhv etmərik. Bu deyilənlərdən aydın olur ki, nanotexnologiyalar bizə atom və molekul ölçülü obyektlərlə işləməyə imkan verməklə yanaşı, yeni, qeyri-adi xassələrə malik quruluşlar, obyektlər yaranmağa geniş imkanlar açacaq.

Alimlər hesab edirlər ki, 21-ci əsr tarixə məhz nanotexnologiyalar dövrü kimi düşəcək. Amerikalı fizik E.Tellerin “kim tezliklə nanotexnologiyalara yiyələnsə, o da 21-ci əsrin texnosferasında özünə layiqli yer tuta biləcək” fikri yerində söylənilmiş fikirdir.

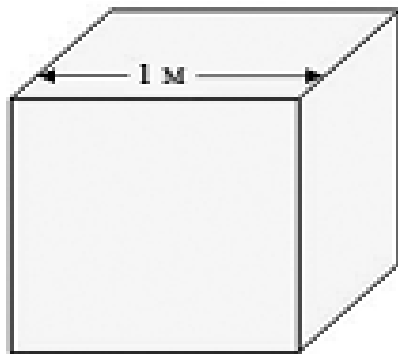
Hal-hazırda nanotexnologiyaların inkişafı üçün bir neçə mühüm istiqamət formalaşmışdır ki, bunlardan hal-hazırda bizlər üçün ən vacib olanı

- 1) texnika və sənayedə istifadə ediləcəyi nəzərdə tutulan, qeyri-adi xassələrə malik yeni materialların,
- 2) günəş batareyalarının,
- 3) alternativ yanacaqların,
- 4) su təmizləyici qurğularda istifadə ediləcək nanoməsəmli quruluşların,
- 5) biosensorların, bioelektrik nano-maşınların,
- 6) və həmçinin, hüceyrə daxilinə bir sıra maddələrin, (hormonların, fermentlərin və dərman preparatlarının) daşınması üçün biorobotların yaradılması hesab olunur.

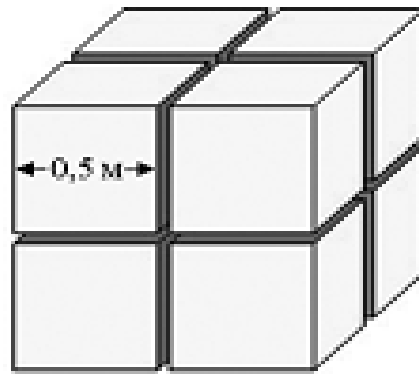
Sizləri daha bir sual düşündürə bilər:

“Nə üçün məhz nano ölçü alimləri bu qədər cəlb edir?”

Bu suala cavab vermək üçün fikrimizdə sadə bir təcrübəni canlandıraraq: tutaq ki, bizə çoxlu sayda atomlardan ibarət və tərəfləri 1 m olan qızıl kub verilib. Bu kubun ümumi səthinin sahəsi 6m^2 -a bərabər olacaq. Əgər biz bu kubu 8 eyni hissəyə bölsək (bax aşağıdakı şəklə) görürük ki, alınan bu kubların tərəflərinin ölçüləri əvvəlkindən 2 dəfə kiçik, onların ümumi sahəsi isə 2 dəfə çox olacaq. Bu bölgünü davam edək. Yenə də hər bir kubu 8 kuba bölək. Onda $S = 6 \cdot (1/4 \text{ m})^2 \cdot 64 = 24 \text{ m}^2$ alarıq. Sual verə bilərsiniz ki, mən bununla nə demək istəyirəm? Mən sizlərə onu çatdırmaq istəyirəm ki, ölçü kiçildikcə, ümumi səthə düşən pay artır.



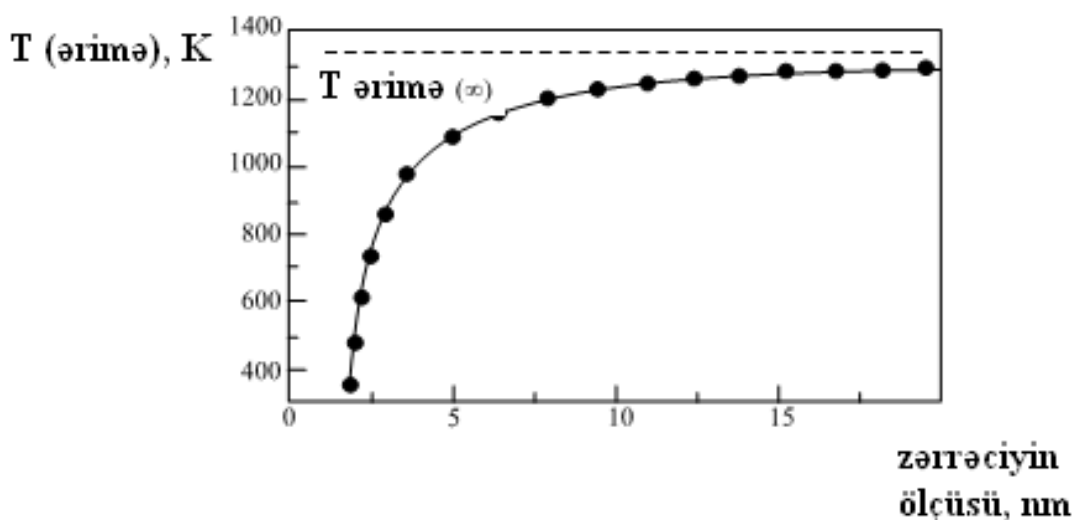
$$S = 6 \cdot 1 \text{ m}^2 = 6 \text{ m}^2$$



$$S = 6 \cdot (1/2 \text{ m})^2 \cdot 8 = 12 \text{ m}^2$$

Bu bölgünü molekul ölçüləri tərtibinə qədər davam etdirsək, bütün molekulların səthi molekullar (yəni bütün molekullar səthdə yerləşəcəklər) olduğunu görürük. Bu halda sahənin də böyüdüynün şahidi olacağıq. Bildiyimiz kimi, səthi atomlar həcmli atomlarla müqayisədə daha hərəkətli, daha mütəhərrik və daha böyük reaksiya qabiliyyətinə malik olurlar. Bu səbəbdən də onlar asanlıqla elektron verə və ala bildikləri üçün yeni qeyri-adi xassələrə malik olurlar. Məhz bu yeni xassələrin meydana gəldiyi səviyyə nano səviyyə adlanır. Nano səviyyədə bizim öyrəndiyimiz bir çox fiziki qanunlar öz mahiyyətlərini itirir. Məsələn,

- 1) naqillərdə paralel və ardıcıl birləşmədən asılı olaraq gərginliyin toplanması qanunu nanosistemlərdə özünü doğrultmur;
- 2) adi suyun 0° -də donduğunu bildiyimiz halda, dağ süxurlarının nanoməsələlərində su -20° ... -30° -də belə donmur;
- 3) qızıl nanozərrəciklərinin ərimə temperaturu həcmli forması ilə müqayisədə çox kiçikdir. Belə ki, 5 nm ölçülü qızıl nanozərrəciyin ərimə temperaturu adi qızılın ərimə temperaturundan 250°S aşağı olur. Nanozərrəciyin ölçüsünü artırmaqla ərimə temperaturunun artdığı şəkildən aydın hiss olunur.



İndi isə nanotexnologiyaların yaranma tarixini və yaranmasına təkan verən amillərin xronoloji ardıcılığını nəzərdən keçirək.

Nanotexnologiyalar necə yaranıb? Bu suala qısa şəkildə belə cavab vermək olar: *nanotexnologiyalar, əsasən, informatika sahəsində inqilabi dəyişikliklər nəticəsində meydana gəlmiş və inkişaf etmişdir.*

Yunan filosofları **Levklipiti** və onun tələbəsi **Demokriti** (b.e.ə. V əsrdə) «nanotexnologiyaların babası» adlandırsaq, səhv etmərik. Çünki ~ 2400 il bundan əvvəl (b.e.ə. 400-cü ildə) Demokrit ilk dəfə olaraq maddənin ən kiçik hissəciyini təsvir etmək üçün «atom» sözündən istifadə etmişdir (bildiyimiz kimi, yunanca tərcümədə atom “bölünməyən” mənasını verir). Nanotexnologiyalar da, məhz atom tərtibində manipulyasiyalara – yerdəyişmələrə əsaslanan texnologiyalar olduğu üçün, Demokrit nanotexnologiyaların banisi hesab oluna bilər.

Lakin b.e.ə. IV əsrdə Aristotelin təkidi ilə materiyanın quruluşunun öyrənilməsində “atom hipotezindən” istifadə edilməməsi nanotexnologiyaların inkişafını ~ 2000 il gecikdirdi.

Yalnız **1661-ci ildə** Robert Boyle Aristoteli tənqid atəşinə tutaraq, kiçik zərrəciklər fikrini yenidən gündəmə gətirməklə, nanotexnologiyaların yaranmasına təkan verən amillərin cücərməsinə səbəb oldu. Belə ki, **1803-cü ildə** Con Dalton tərəfindən müasir atomistik nəzəriyyənin əsası qoyulur.

1857-ci ildə M.Faradey şüşələrin rənglənmə mexanizmini izah etməyə cəhd göstərir. O, ilk dəfə olaraq, hal-hazırda nanozərrəciklərin alınmasında istifadə olunan üsullardan birini – keçiricilərin elektropartlayışını həyata keçirmişdir. Bu işləri ölçü effektləri istiqamətində aparılan ilk tədqiqat işi adlandırmaq olar.

1908-ci ildə şüşələrin rənglənməsində müxtəlif təbiətli və formalı metallik zərrəciklərin rolunun nəzəriyyəsi **Qustav Mi** tərəfindən verilir.

1928-ci ildə Q.A.Qamov tərəfindən kəşf edilən tunnel effekti hal-hazırda müasir nanotexnoloji tədqiqatların əsasını təşkil edir.

1928-ci ildə yaxın sahəli skanedici optik mikroskopun (**YSSOM**) prinsipial sxemi irəli sürülür.

1931-ci il. Alman fizikləri **Maks Knoll** və **Ernest Ruska** tərəfindən elektron mikroskopu yaradılır və bununla da ilk dəfə olaraq nanoobyektlərin tədqiqinə başlanılır.

1932-ci ildə Holland professoru **Fris Sernike** (1953-cü ildə Nobel mükafatı almışdır) optik mikroskopun bir növü olan faza-kontakt mikroskopunu yaradır və onunla canlı hüceyrələri tədqiq edir.

1939-cu il. Ruskanın işlədiyi Siemens kompaniyası tərəfindən ayırdetmə qabiliyyəti 10 nm olan ilk elektron mikroskopu yaradılır.

1956-ci il. **Uxlip** tərəfindən nanoməsaməli silisium kəşf edilir.

1959-cu ildə Nobel mükafatı laureatı amerikalı fizik **Riçard F.Feynman** «Aşağıda çoxlu yer var» başlığı altında mühazirəsi ilə elmdə nanotexnologiyanın əsasını

qoymuş olur. Bu müəhazirədə ilk dəfə qeyd edilmişdir ki, insan bir-bir istədiyi atomlar üzərində manipulyasiya etməklə, onları xüsusi qaydada düzə bilər, və bununla da, yeni maddələr yaratmış olar. Lakin o dövrdə Riçard F.Feymanın sözlərinə bir xülya kimi baxmışlar. Bu sahəyə marağı artırmaq üçün Feyman, sancağın ucunda kitabın bir səhifəsini yazan şəxsə 1000 dollar priz verəcəyini belə vəd etmişdir. Buna, ilk dəfə **1964-cü ildə** nail oldular.

Ona görə də **29 dekabr 1959-cu il nanotexnologiyanın “Anadan olduğu” il** hesab olunur.

1966-cı il. Amerikalı fizik **Rassel Yanq** pyezomühərrik yaradır. Hal-hazırda bu mühərrik müasir skanedici tunnel mikroskopunun əsasını təşkil edir.

1974-cü ildə yapon fiziki **Nario Taniquçi** elmə «nanotexnika» sözünü gətirmiş və təklif etmişdir ki, 1 mikrondan kiçik ölçülü bütün mexanizmlər belə adlandırılınsın.

1975-ci il. Nəzəri olaraq kvant naqillərinin və kvant nöqtələrinin varlığı müəyyən edilmişdir.

1975-ci ildə amerikalı tələbə **Dreksler** tərəfindən molekulyar zəncirlərdən yığılmış kiçik ölçülü obyektlərin yaradılması üsulu “nanotexnoogiya” adlandırılır.

1978-ci ildə Qerman klasterləri təsvir etmək üçün “jele” modelini irəli sürür.

1981-ci il. **Qeyler** tərəfindən kiçik metal klasterlərin alınma üsulları reallaşır.

1982-ci il. Alman fizikləri **Gerd Binniq** və **Genrix Rorer** skanedici tunnel mikroskopunu yaratmışlar.

1983-cü ildə V.N.Lapovka və **L.İ.Trusova** tərəfindən nanokristallik nukel əldə edilir ki, onun möhkəmliyi həcmli polikristallik nümunə ilə müqayisədə 2 dəfə çox idi.

1985-ci ildə Amerika fizikləri **Robert Kerl**, **Xerold Krotov** və **Riçard Smolli** tərəfindən 60 atomdan ibarət **fülleren** kəşf edilir.

1986-cı il. **Herd Benning** tərəfindən ixtiyari ölçülü atomlarla manipulyasiyalar etmək imkanı yaradan skanedici atom-qüvvə zond mikroskopu yaradılır.

Bundan başqa, **1986-cı ildə Erik K.Dreksler** özünün məşhur «Yaradıcı Maşınlar» kitabında nanotexnologiyanın qeyri-adi imkanları haqqında söhbət açmış və «molekulyar maşınlar» yaradılması fikrini irəli sürmüşdür. Onun təsəvvür etdiyi «molekulyar maşınların» ölçüləri bioloji hüceyrənin ölçülərindən həddindən çox kiçik idi.

1987-ci il. Nöqtəvi kontaktlar üzərində kvant keçiriciliyini müşahidə edən **T.A.Fulton** və **Q.C.Dolan** tərəfindən ilk birelektronlu tranzistor yaradılır.

1989-cu ildə IBM kompaniyasının əməkdaşı **Donald Eyqler** ksenon atomları ilə lövhə üzərində öz firmasının adını yazır.

1990-cı il. Xaricdə ilk “Nanotexnologiya” jurnalı işıq üzü görür.

1991-ci ildə yapon professoru **Sumio Lidjima** diametri 0,8 nm olan nanoborular yaratmaq üçün fullerendən istifadə etmişdir.

1997-ci ildə 1.2 Qb/sm^2 yaddaş qurğusu yaradılır.

1998-ci ildə holland fiziki **Seez Dekker** nanoboru əsaslı nanotranzistor yaradır.

1999-cu il. Amerikalı fizik **Mark Rid** və kimyaçı professor **Ceyms Tur** tək molekul və onların zəncirvari toplusu üzərində manipulyasiya etmək mexanizmlərini irəli sürmüşlər.

2000-ci ildə elektronikadakı nailiyyətlərinə, yarımkeçirici heteroquruluşların, sürətli opto- və mikroelektron komponentlərinin yaradılması və mikroçiplərin ideologiya və texnologiyasının verilməsinə görə daha 3 alim - **J.İ.Alferov**, **Herbert Kremer** və **Cek Kilbi** fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görülmüşlər.

2002-ci ildə **Siz Dekker** karbon nanoborusunu DNT ilə birləşdirmiş və nanomexanizm yaratmışdır.

2003-cü il. Professor Fen Lyu atom-qüvvə mikroskopu ilə elektron orbitlərinin nümunələrini yaratmışdır.

2007-ci il. Peter Qrünberq qıqant maqnit müqavimətinin kəşfinə görə Nobel mükafatına layiq görülmüşdür.

2009-cu il. Uilqart Boyl və Corc Smit görüntünü qeyd etmək üçün yarımkeçirici sensorun sxemini verir.

2010-cu ildə Andrey Qeym, Konstantin Novosyolov və Sol Perlmutter ikiölçülü qrafen materialını kəşf və tədqiq etmişlər.

2012-ci il. Serj Aroş və Devid Vaynlend kvan sistemləri üzərində manipulyasiya texnologiyalarını irəli sürməklə, müxtəlif kvant sistemlərini ölçməyə və onları idarə etməyə nail olmuşlar.