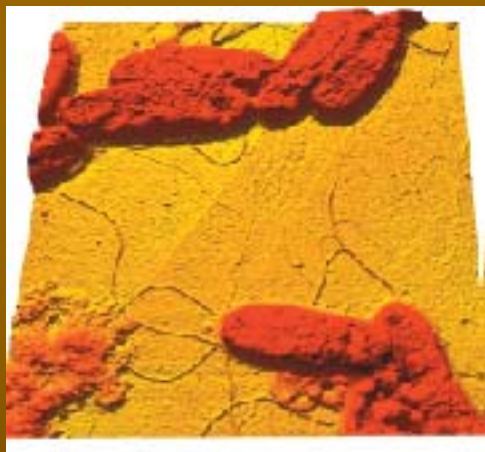


Nanobiotexnologiya

XXI əsrin texnologiyası

Mühazirə :7

Atom Qüvvət Mikroskopu

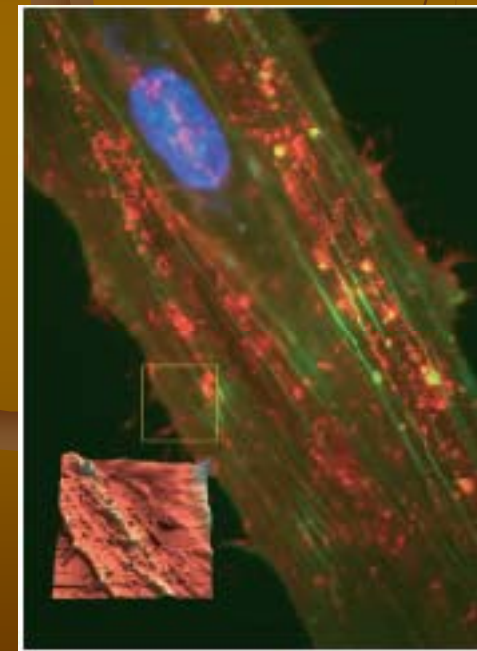


Dr. İsmət Əhmədov

Bakı Dövlət Universiteti
Nanoaraşdırmalar Mərkəzinin
aparıcı elmi işçisi

Tel: 4189067 iş
3350923 mobil

E-mail: ismet522002@yahoo.com



Antony van Leeuwenhoek

1632-1723



Mikrobiologiyanın atası

O mikroskopu kəşf etməyib, o
Boloji araşdırmalarda
mikroskopdan istifadə edən
ilk bioloqdur



18-ci əsrdə işlədilən işıq mikroskopu

İşıq mikroskoplarının t kmill şdirilm ş çox müxtəlif
növləri var

İşıq mikroskopunun  n son modellərindən biri

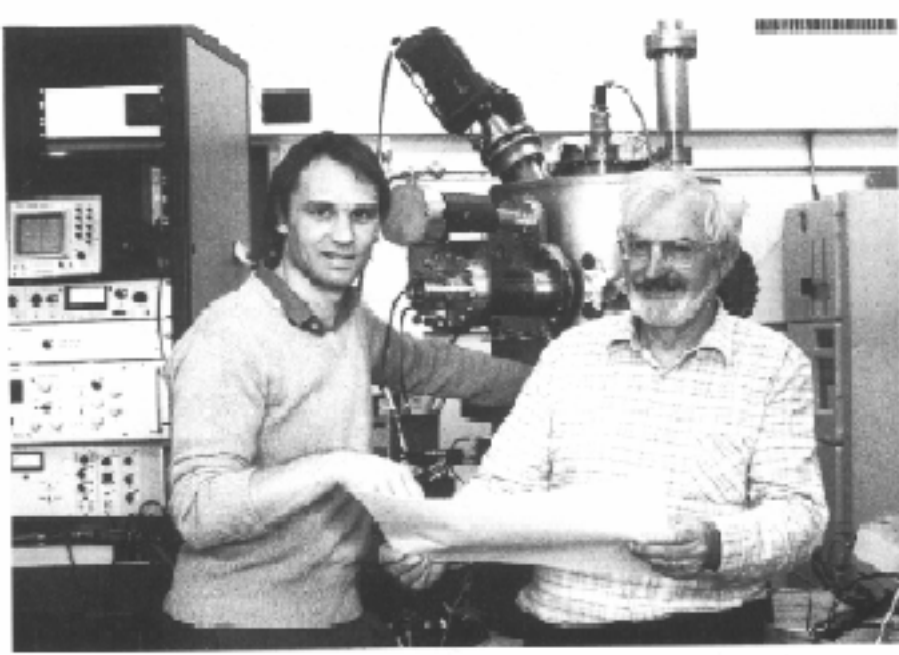


Mikroskop haqqında daha geniř məlumat
almaq istəyirsinizsə bu sayta müraciət edin
<http://www.olympusmicro.com/>

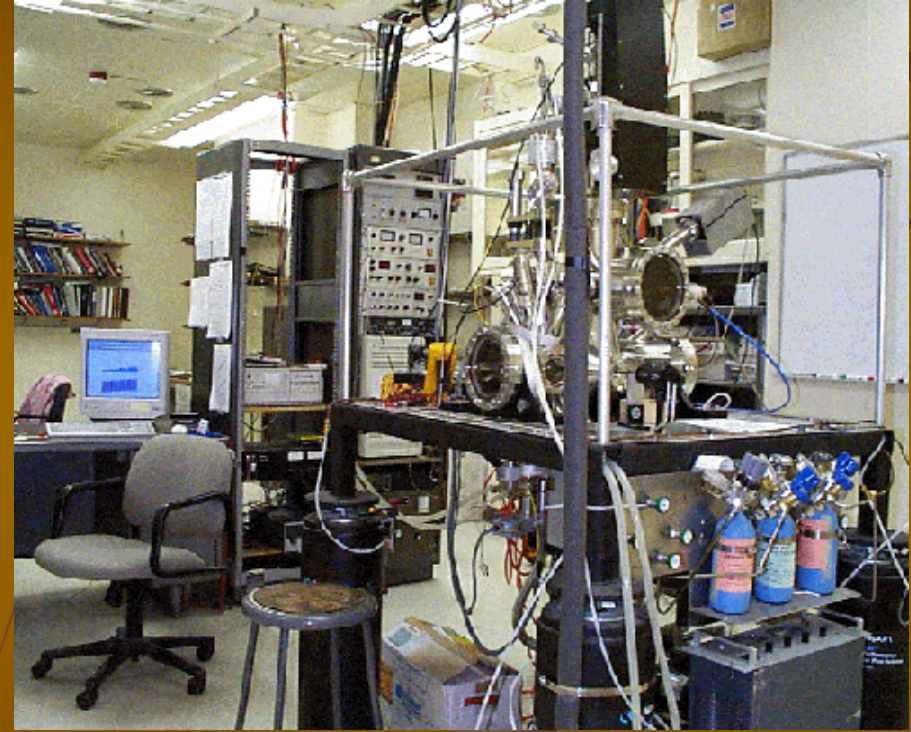
Müasir Tranmissiya Elektron Mikroskopu



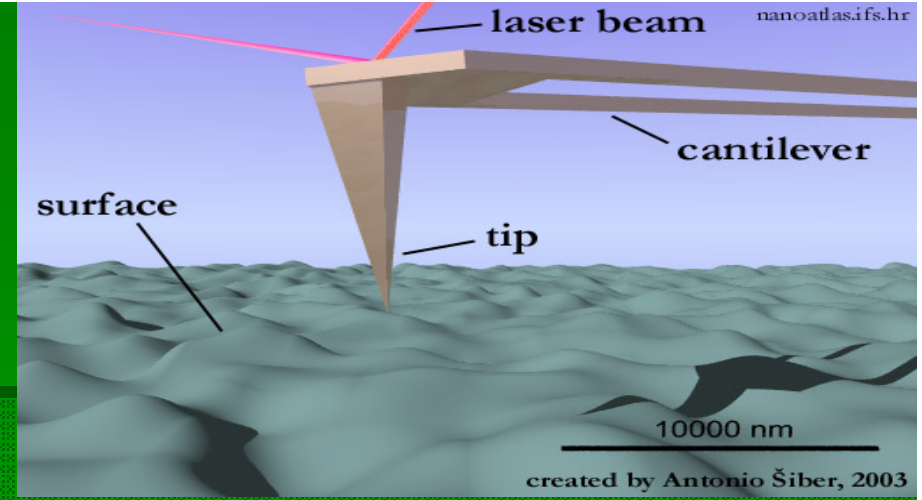
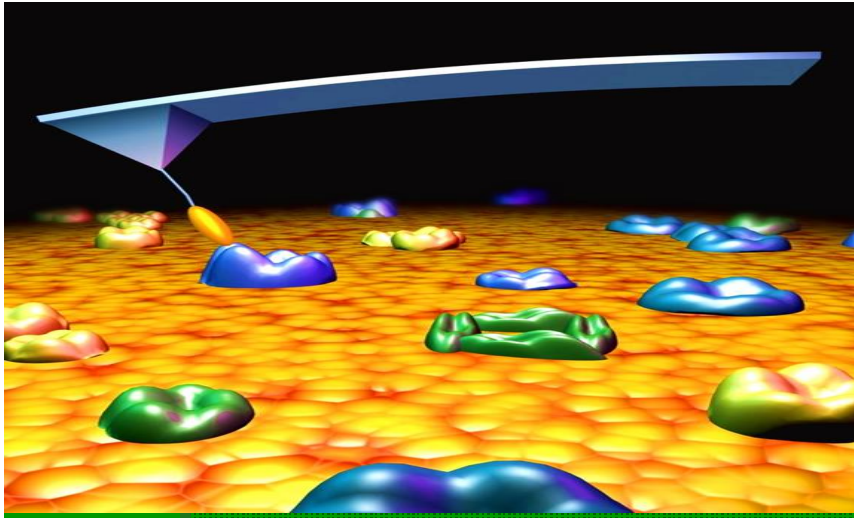
1982-ci il İlk STM (Skan Tunel Mikroskopu)



Gerd Binnig (left) and Heinrich Rohrer (right) who were awarded the Nobel Prize for their invention of the scanning tunneling microscope.

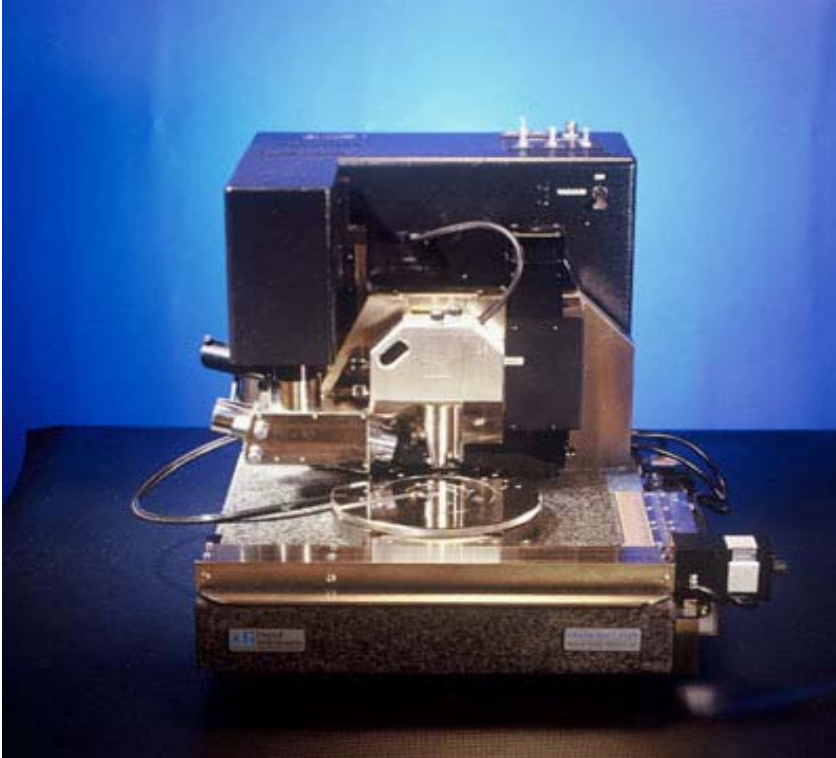


1982-ci ildə İsveçrə fizikləri Herd Binniq və Henri Rohrer İBM firmasının Sürixdə olan tədqiqat laboratoriyasında tamamilə yeni bir mikroskop yaratmağa nail oldular. Bu mikroskopun köməyilə materialların səthində ayrı-ayrı atomları görmək mümkün oldu.



Maddələrin səthinin və ümumiyyətlə kondensasiya olunmuş mühitin fizikası ilə məşğul olan bütün dünya alimləri tunel mikroskopunun çox dəyərli bir cihaz olduğunu anladılar və onu inkişaf etdirməyə başladılar. Hələ heç kimin nail olmadığı bir məsələyə nail oldular – maddələrin səthində yan-yana durmuş atomları görə bildilər. STM –nün mahiyyətində elektronların tunel effekti durur. Maddənin səthində ucu çox nazik olan iynə gəzdirilir. İynə ilə maddə arasında sabit potensial yaradılır. Bu iynə ilə maddənin səthində olan atomlar arasında qalan boşluqdan elektronlar keçir və boşalma cərəyanı yaranır. Bu cərəyanı ölçməklə səthin topografiyasını, atomların vəziyyətini müəyyən etmək olur. Bu mikroskopun bir çatışmayan cəhəti var idi. Onunla yalnız elektriki yaxşı keçirən maddələri öyrənmək mümkün idi.

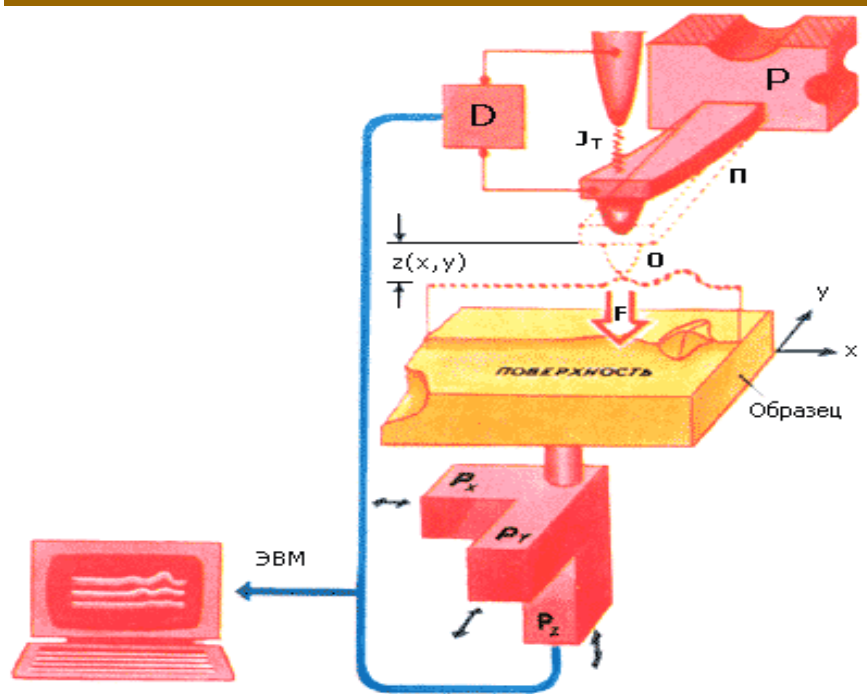
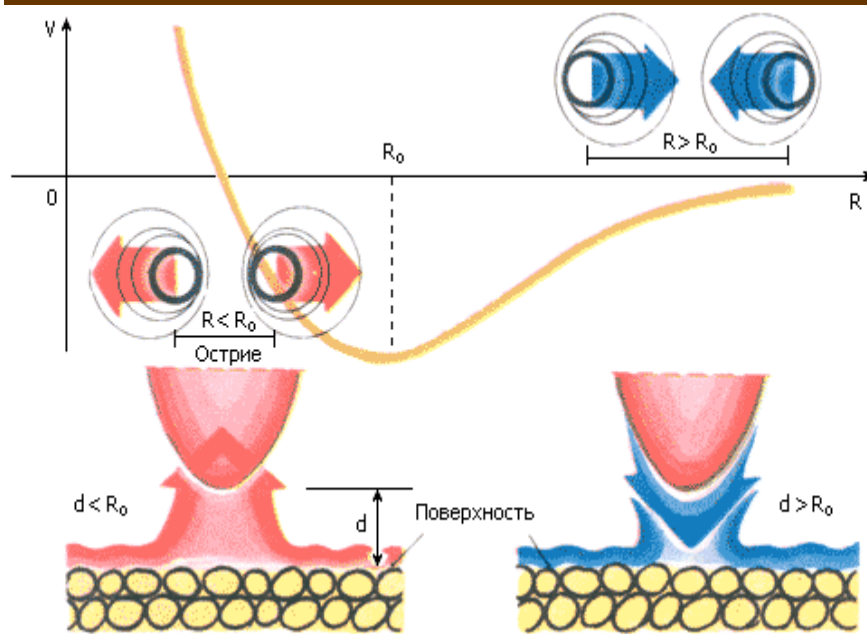
1986-cı ildə yaradılan ilk AQM



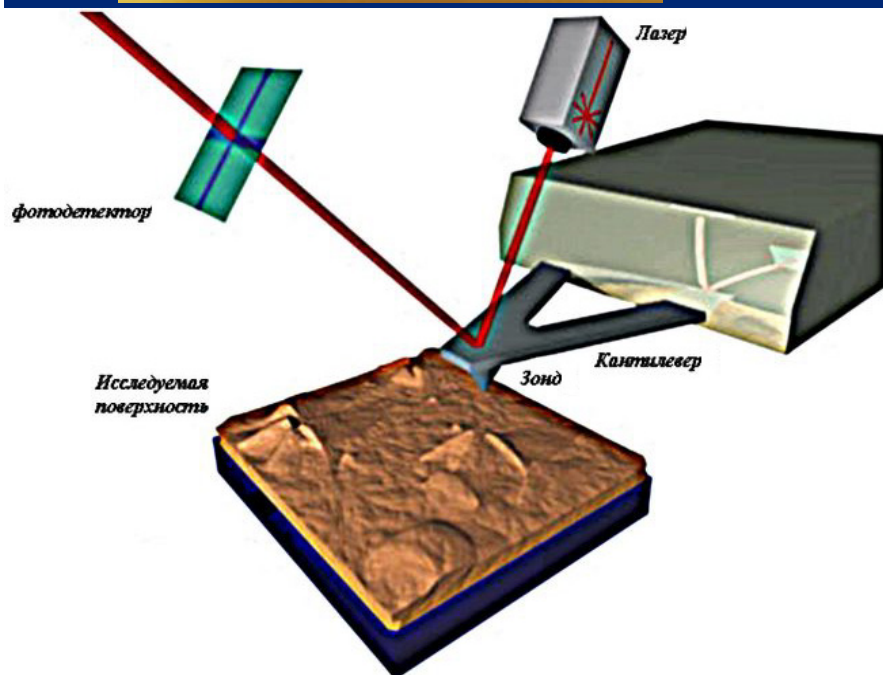
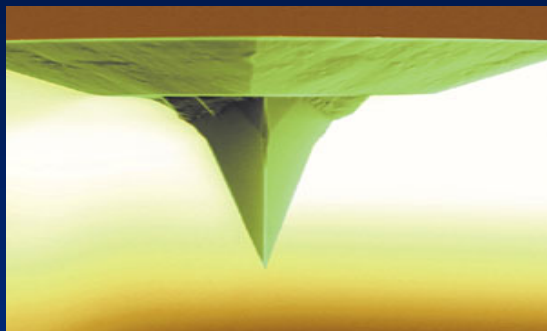
BDU-nun materialların kimyəvi fizikası kafedrasının laboratoriyasında olan müasir AQM



- 1986 –cı ildə Binniq STM –in bu çatışmayan çəhətini aradan qaldırmaq üçün maddələri elektrik keçirən nazik təbəqənin üzərində yerləşdirərək tədqiq etməyi təklif etdi. Bu zaman istənilən maddəni həm elektrik keçiriciliyinə malik olan və həm də olmayanları tədqiq etmək mümkün oldu. Bu mikroskopu onlar Atom Qüvvət mikroskopu (AQM) adlandırdılar. 1986-cı ildə AQM-nun yaradıcıları, Ernst Ruska, Gerd Binniq və Henri Rorer elektron optikası tədqiqatlarına görə fizika üzrə Nobel mükafatına layiq görüldülər.



AQM – in iş prinsipi maddənin atomları arasında yaranan əlaqə qüvvələrindən istifadə etməyə əsaslanır. Çox kiçik məsafələrdə (təqribən bir anqstrom - $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$) atomlar arasında itələmə, böyük məsafələrdə isə cazibə qüvvəsi meydana çıxır. Skan edici AQM-də səthi öyrəniləcək nümunənin atomları ilə onun üzərində gəzdirilən iynənin atomları arasında belə qüvvələr yaranır. Adətən nümunə üzərində yavaş-yavaş sürüşdürülən almaz iynələrdən istifadə edirlər. П yayına birləşdirilmiş iynə ilə səth arasında yaranan F qüvvəsinin dəyişmələrini D çevrici ilə qeyd edirlər. D çevricisi kimi optik, tutum və tunel effektlili çevricilərdən istifadə edirlər. Elastik yayın rəqsləri relyefin hündürlüyü – səthin topoqrafiyası haqqında və atomlar arası qarşılıqlı təsirin xüsusiyyətlərini müəyyən edir.



AQM-in əsasında mikrozondu nazik silisium təbəqə - konsol durur. Bunu kantilever adlandırırlar, ingiliscə “cantilever” tir mənasını verir. Kantileverin (uzunluğu – 500 mkm, eni – 50 mkm, qalınlığı – 1 mkm) sonunda iti uclu iynə (hündürlüyü – 10 mkm, sferik radius – 1 – 10 nm) durur. Bu iynənin ucu o qədər nazikdir ki, orada bir və ya bir neçə atom yerləşə bilər. Mikrozondu nümunənin üzərində gəzdirən zaman (patefonun iynəsinin val üzərində hərəkəti kimi) iynə yuxarı – aşağı enib qalxaraq səthin relyefini çəkir. Kantileverin üzərində güzgü sahə var, hansı ki, lazer şüaları bura düşüb əks olunur. İynə səthin üzərində aşağı enib yuxarı qalxan zaman lazer şüası rəqs edir və kənarlanır. Lazer şüasının bu rəqslərini çevrici fotodetektor qeyd edir. İynənin ucunun cəzb edilməsi qüvvələrini peyzo çevirici qeyd edir.

Fotodetektorun və peyzoçeviricinin məlumatları əks əlaqə sistemi nümunənin səthi ilə mikrozondu arasında sabit qarşılıqlı təsir qüvvələrinin olmasını təmin edir. Nəticədə nümunənin səthinin fəza (3D) relyefini real vaxt anında çəkmək olur. AQM – in ayırd etmə qüvvəsi horizontalda adətən 0,1-1 nm, vertikalda isə 0,01 nm intervalında ola bilər.

AQM bioloji strukturların öyrənilməsində əvəzsiz cihazdır. Onun üstün cəhəti odur ki, bu mikroskop üçün nümunələri rəngləmək, hər hansı məhlulda və ya polimerdə fiksasiya etmək, nişanlamaq və ya ondan nümunə götürməyə ehtiyac yoxdur.

AQM kəşf olunandan az sonra biofiziklərin, sitoloqların və ümumiyyətlə biolog tədqiqatçıların diqqətini cəlb etdi. Onlar optik mikroskopla araşdırı bilmədikləri bioloji strukturları bu mikroskopun köməyi ilə tədqiq etməyə başladılar.

AQM ilə çox kiçik molekulardan tutmuş hüceyrə orqanlarına, hüceyrənin özünə, toxumalara qədər bütün strukturları öyrənməyə imkan verir. Bu mikroskopla hüceyrələrin fizioloji halını dəyişmədən onları öyrənmək mümkündür.

Standart optik mikroskoplarla adətən hüceyrədən böyük ölçülərdə informasiyalar almaq olur (500 -1000 nm). Faza Kontrast və DIC optik mikroskoplarla hüceyrədaxili strukturları və ya orqanoidləri izləmək olur. Fluoresent mikroskopla nişanlanmış hüceyrə komponentlərinin paylanmasını müəyyən etmək olur. Konfokal mikroskopla səliqə ilə hüceyrədaxili çox dar sahələri və şöbələri izləyərək orqanoidlər və proseslər haqqında əlavə informasiyalar almaq mümkündür

Elektron mikroskopu ilə də hüceyrənin tədqiqində böyük nailiyyətlər alınmışdır. Lakin Elektron mikroskopunda hüceyrəni canlı halda in vitro çəraitdə öyrənmək mümkün deyil.

AQM –nun üstün cəhətlərindən biri onun elektik keçiriciliyi olmayan səthlərin də təsvirini verməsidir. Odur ki, bioloji strukturların təsvirini almaq üçün AQM-dən rahat istifadə etmək olur.

AQM ilə amin turşu kristallarını və üzvü monotəbəqələri analiz edib şəkillərini almaq olur. AQM -in biologiyada tətbiq sahələrinə aiddir: DNT və RNT-nin analizi, zülal-nuklein turşusu komplekslərinin, cromosomların, hüceyrə membranları, zülal və peptidlərin, molekulyar kristalların, polimer və biomateriallərin, ligand-reseptor birləşmələrinin analizi.

Bioloji nümunələr lizin örtüklü şüşə üzərində və slyuda (mika) substratlarda, bufer məhlullarda öyrənilir. AQM üçün nümunələr çox az miqdarda tələb olunur. Yaxşı kontrast təsvirlər almaq və mexaniki təsirləri azaltmaq üçün nümunələrə kovalent çarpaz birləşmələr və ya ionlar əlavə etmək lazımdır. Bunlar nümunənin mikroskopun altlığına yaxşı bərkidir. Nümunənin soyudulması da onun altlığa bərkidilməsinə kömək edir. Lakin bunların hamısı bioloji nümunəyə təsir edə bilər.

DNT –nin ilk yüksək dərəcədə səlis AMQ təsviri 1991-ci ildə alınmışdır. Nuklein turşularının AQM təsvirlərinin alınması bu sahədə nailiyyətləri xeyli artırmışdır. Xromosom xəritəsinin çəkilməsi, transkripsiya, translyasiya, və DNT-nin kiçik molekullarla qarşılıqlı təsiri, məsələn mutagenlərlə, yaxşı öyrənilmişdir.

Hüceyrə biologiyasında araşdırmalar AQM-in ən çox tətbiq sahələrindən biridir. İndi canlı hüceyrələrin dinamik xarakteristikaları AQM vasitəsilə dərinlən öyrənilir. Eritrositlərin, leykositlərin, bakteriyaların, epitel və ürək miositlərinin, biomembranların həqiqi təsvirlərinin alınmasında AQM əvəzsiz cihazdır.

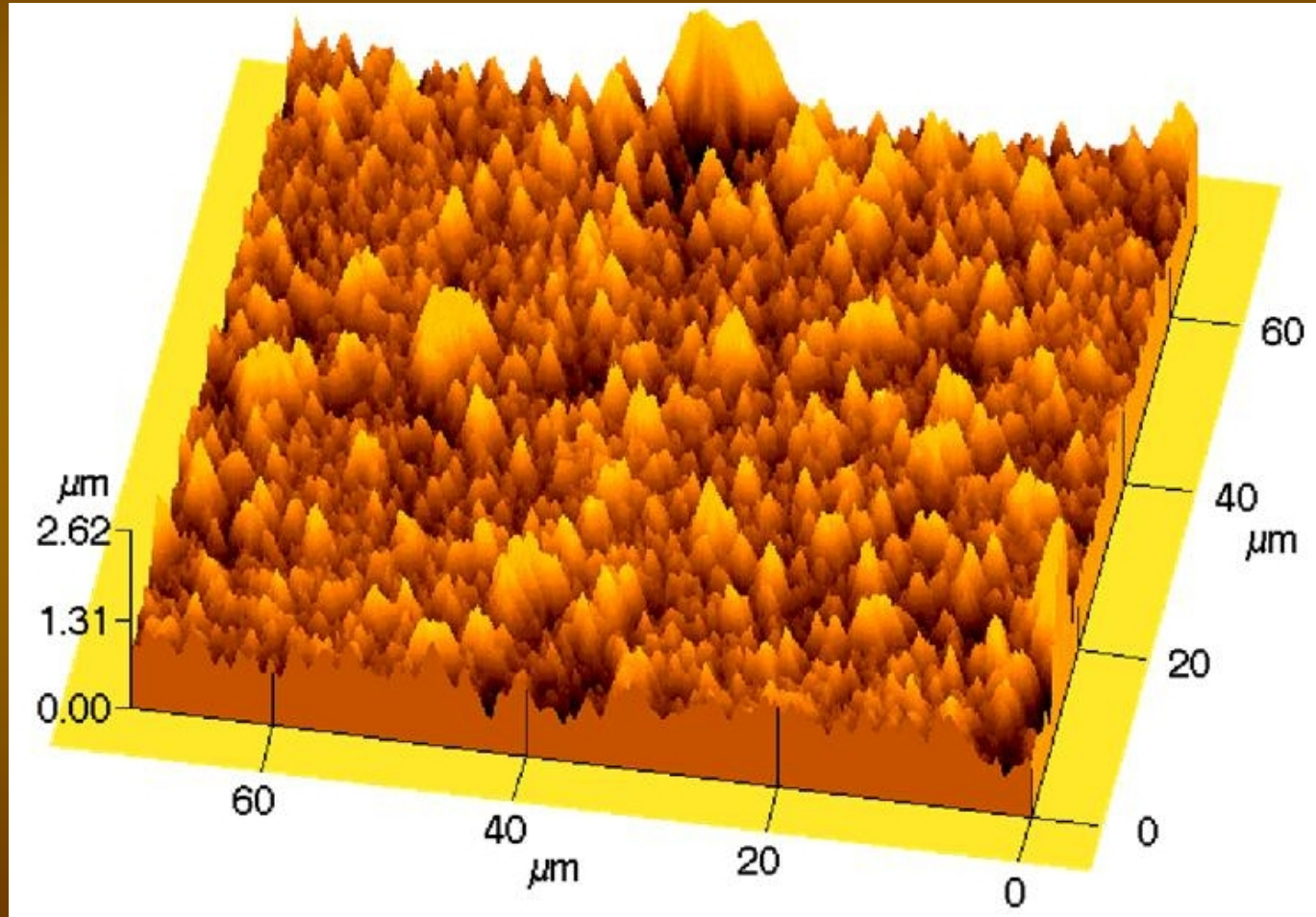
Bioloji membranlarda ion kanallarının real təsvirləri, Kalsium kanalının işləmə mexanizmi AQM təsvirlərində real görünür. AQM-in hüceyrə təsvirləri adətən 20-50 nm tərtibində olur.

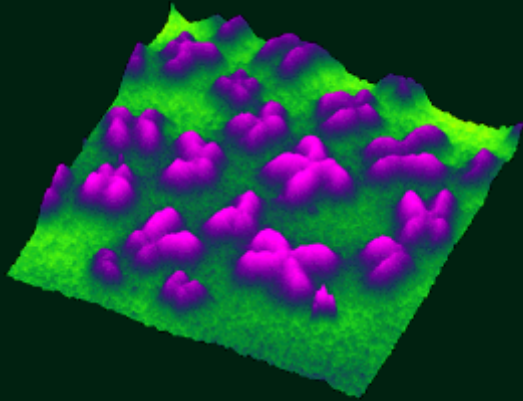
Son vaxtları hətta indivudal zülalların, məsələn kollagenin və digər kiçik molekulların AQM təsvirlərini almışlar.

Hal-hazırda Digital Instruments BioScope sistemlərlə, hansı ki, yüksək ayırdetmə qabiliyyəti olan AQM ilə optik mikroskopun birləşdirilməsi nəticəsində alınan sistemlə bioloji strukturların yüksək dərəcədə aydın şəkillərini almaq olur. AQM ilə nanonyuton tərtibində qüvvələri ölçmək mümkündür. Odur ki, onun köməyi ilə DNT-nin replikasiyası, zülal sintezi, dərmanların təsiri və liqand-reseptor qarşılıqlı təsir zamanı molekullararası qarşılıqlı təsir qüvvələrini ölçmək olur.

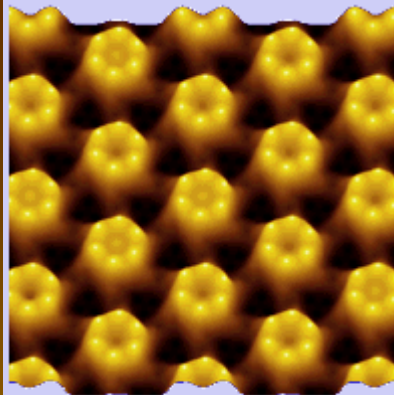
AQM bioloji nümunələrin mikromexaniki xüsusiyyətlərini də öyrənməyə imkan verir. Bioloji strukturların, mebranların, sümüklərin, qığırdaqların elastikliyini, özülülüyünü ölçə bilir.

Atom Qüvvət Mikroskopunda səthin topoqrafiyası

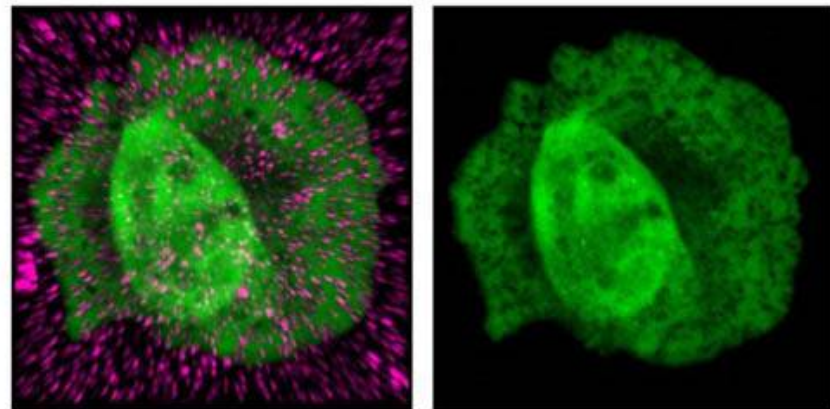
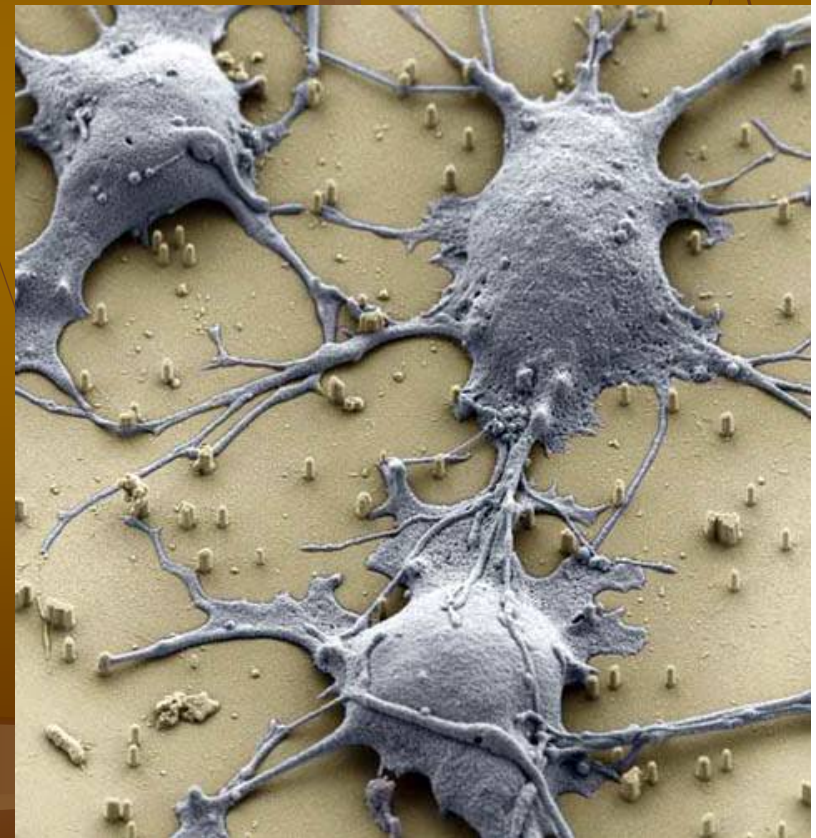
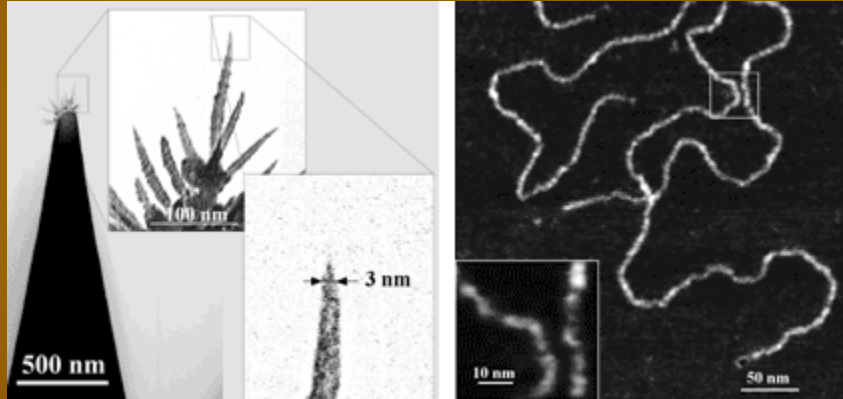
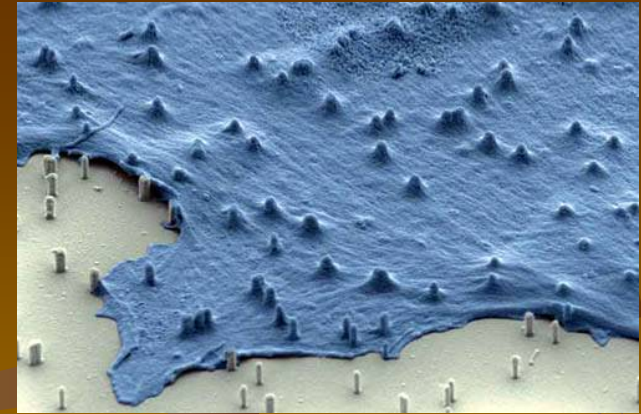


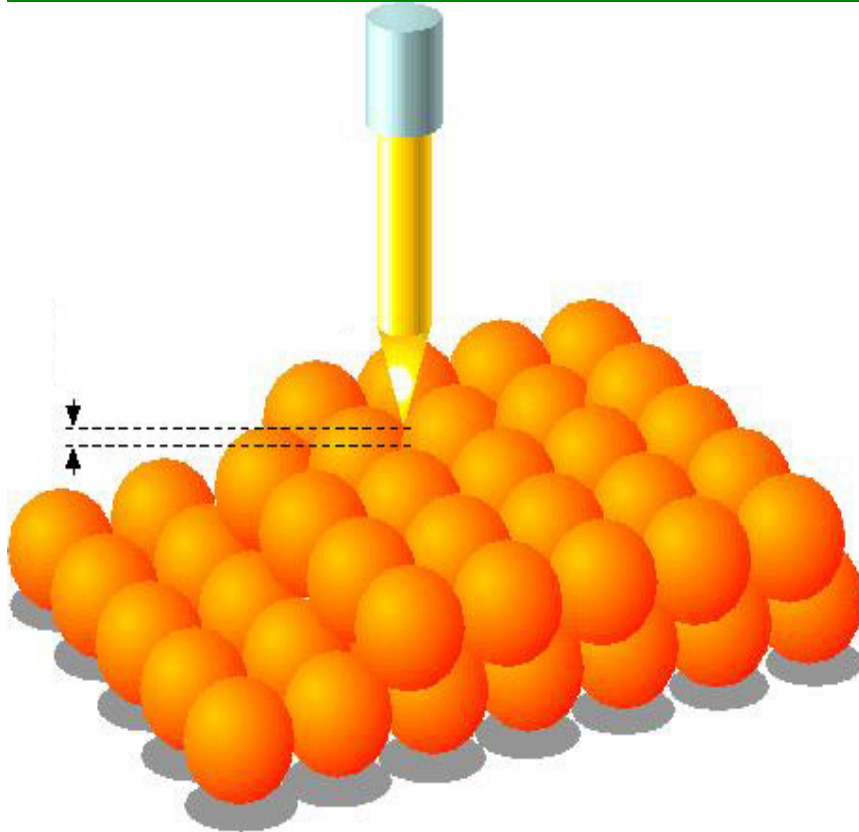


Human Chromosomes. Thanks to Digital Instruments for the picture.

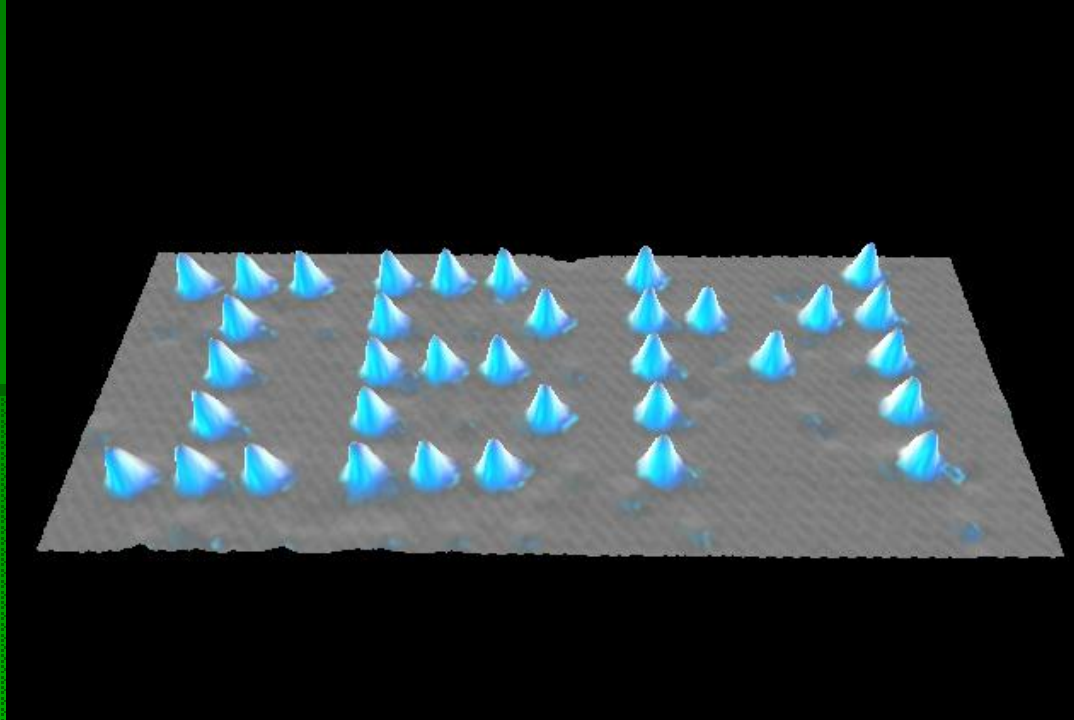


Protein surface layer of *D. Radiodurans*. Courtesy of Digital Instruments.

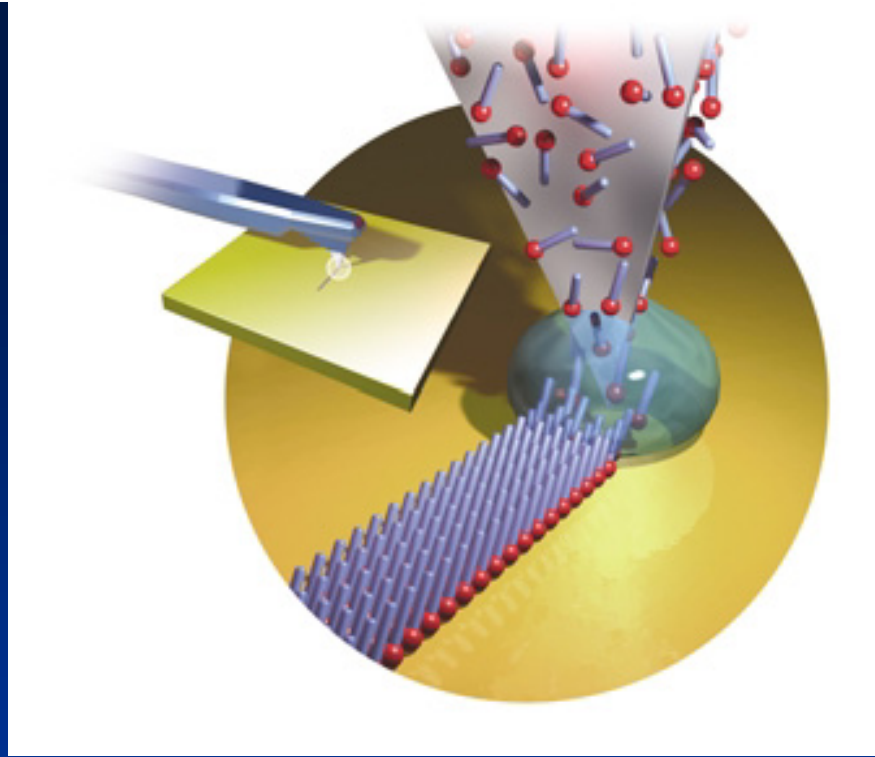




Səthin relyefini çəkmək üçün kvant – mexaniki tunel effektindən də istifadə edirlər. Tunel effektinin mahiyyətində iti uclu iynə ilə 1 nm məsafədə yerləşən səth arasında olan elektrik cərəyanının məsafədən asılı olaraq dəyişməsi prinsipi durur. İynə ilə səth arasında 10 v gərginlik yaradan kimi “tunel” cərəyanı 10 nA –dən 10 pA qədər dəyişir. Bu cərəyanı ölçərək və onun qiymətini sabit saxlamaqla iynə ilə səth arasındakı məsafəni sabit saxlamaq olar. Bu səthin fəza şəklini (3 ölçülü) almağa imkan verir. Skan Tunei Mikroskopunda yalnız metalların və yarımkəçiricilərin səthinə öyrənmək olur.



STM –dən atomları hərəkət etdirmək üçün də istifadə etmək olar. Bunun üçün iynə ilə səth arasında potensialı artırırlar. Bu zaman iynəyə çox yaxın olan atom iona çevrilir və onun ucuna yapışır. Sonra iynəni hərəkət etdirərək həmin yapışmış atomu lazım olan yerə gətirmək olur. Müəyyən olunmuş yerdə potensialı dəyişməklə iynənin ucuna yapışmış atomu həmin yerə qaytarmaq olur. Beləliklə nümunənin səthində bu üsulla atomlarla manipulyasiya edərək yazı yazmaq şəkil çəkmək mümkündür. Bu üsuldən istifadə edərək 1990-cı ildə İBM nanotexnologları nikel təbəqənin üzərində 35 ksenon atomu ilə öz emblemlərini yazmağa nail olmuşdular.



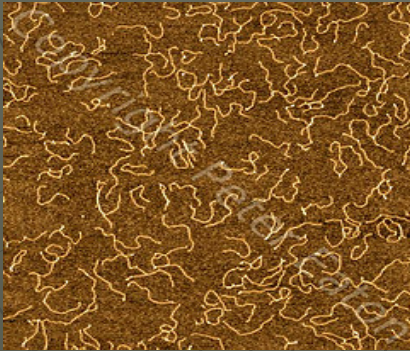
Skanninq zond mikroskopunun köməyi ilə tək-cə atomları hərəkət etdirmək yox həm də onların özü-özünü təşkil etməsini də təmin etmək olar. Məsələn, tutaq ki, metal təbəqə üzərində tərkibində tiol molekulı olan su damcısı var. Mikroskopun zonu ilə tiol molekulunun iki karbohidrat quyruğunun təbəqədən yuxarıya doğru istiqamətləndirərək metal təbəqəyə yapışmış nazik tiol təbəqəsi yaratmaq mümkündür.

Skannın Zond Mikroskopları tətbiq edilən zondun tipinə görə müxtəlif olur:

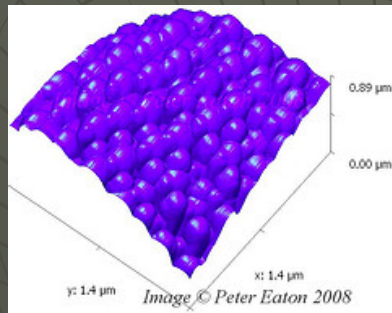
1. Skan Tunel Mikroskopu (STM). Metal iynə ilə keçirici təbəqə arasında tunel keçidlərinin yaranması zamanı yaranan elektrik cərəyanının ölçülməsinə əsaslanır. Bu cərəyanın dəyişməsi səthin topoqrafiyasını çəkməyə imkan verir
2. Skan Qüvvət Mikroskopu (SQM). Zond kimi elastik konsola birləşdirilmiş mikroucluqdan istifadə edilir. SQM-də iynə ilə səth arasında yaranan qüvvə ölçülür. Bu mikroskop elə AQM kimidir. Lokal qarşılıqlı təsir qüvvələrinin dəyişməsi və qiyməti həmin yerin xüsusiyyətini aydınlaşdırmağa imkan verir
3. Skan Elektrokimya Mikroskopu (SEM). Elektolit məhlullarda ayrı-ayrı atomları görməyə imkan verir
4. Skan Yaxınməsafəli Optik Mikroskop (SYOP) – Eni 50 nm olan optik şəkilləri almaq üçün işlədilir
5. Skan Elektrik Tutum Mikroskopu (SETM) – 500 nm ayırdetmə ilə elektrik tutumunun variyasiyalarını qeyd etməyə əsaslanır.
6. Skan İstilik Mikroskopu (SİM) – eni 50 nm olan sahədə temperatur düşkünlərini qeyd etməklə həmin sahənin topoqrafiyasını verir
7. Skan Kontaktsiz Mikroskop (SKM) – 5 nm ayırdetmə ilə cazibə qüvvəsini qeyd etmə rejimi ilə işləyir və səthin şəkilini görməyə imkan verir

8. Maqnit qüvvət mikroskopu (MQM) – 100 nm –dən aşağı maqnit domenlərinin qeyd edilməsinə əsaslanır
9. Sakan Sürtünmə Mikroskopu (SSM) – Sürtünmə qüvvəsini qeyd etmə rejimi ilə atomun təsvirini alır
10. Elektrostatik Qüvvət Mikroskopu (EQM) – elementar elektrik yüklərini qeyd etməyə əsaslanır
11. Skan Qeyri-elastik Tunelləmə Mikroskopu (SQTM) – Molekulların fonon spektrlərini STM ilə qeyd edilməsi
12. Lazerlə idarə olunan Skan Tunel Mikroskopu – Tunel keçidləri oblastında işığın qeyrixətti çevrilmələrinin köməyi ilə təsvirləri alır
13. Ballastik Elektronların Emissiyası Mikroskopu – Nanometr ayırd etmə miqyasında Şottki maneələrinin öyrənilməsinə əsaslanan mikroskop
14. Fotoemissiya inversiyalı qüvvət mikroskopu – bir nanometr tərtibli lyuminisent spetrlərin qeyd edilməsinə əsaslanan mikroskop
15. Yaxın məsafəli akustik Mikroskop – 10 nm ayırd etmə ilə a.ağıtezlikli səslərin qeyd edilməsinə əsaslanan mikroskop

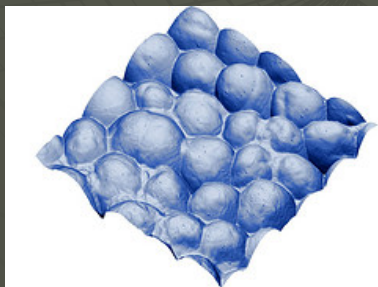
AQM –da hansı materialları və obyektləri tədqiq etmək olur



DNT molekulları

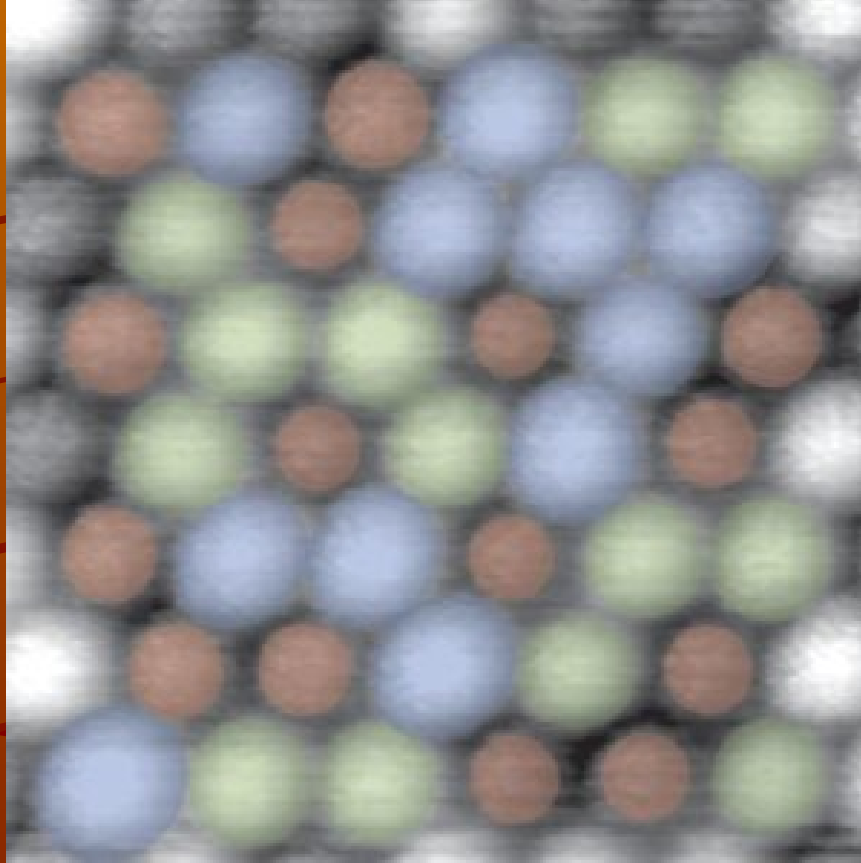


Acaqanadın gözü



Bakteriyanın səthi

- ◆ Polimerlər
- ◆ Metallar
- ◆ Liflər – tük, sintetik liflər, nanoborular
- ◆ Hissəciklər - mikrohissəciklər, nanohissəciklər, kvant nöqtələri
- ◆ Səthdə kovalent rabitə yaradan molekullar - məsələn, özü-özünü təşkil edən birlaylı təbəqələr
- ◆ Səthdə kovalent rabitə yarada bilməyən molekullar - məsələn, nuklein turşuları, zülallar və digərləri
- ◆ Minerallar
- ◆ Langmuir-Blodgett təbəqələri, ikiqat lipid təbəqələri
- ◆ Hüceyrələr – heyvan və bitki hüceyrələri, bakteriyalar, viruslar
- ◆ Bitki orqanlarının səthi- məsələn yarpaqlar, meyvələr və s.
- ◆ Kağız



Yaponiyanın Oski Universitetinin tədqiqatçıları bərk materialların səthində ayr-ayrı atomları müəyyən etmək üçün metod işləmişlər. Bu məqsədlə onlar yeni tip AQM yaratmışlar. Bu mikroskopda zondun səthdə gəzdirilməsi zamanı cazibə və itələmə qüvvələrinin köməyi ilə onun rəqs etməsi (kənarlanması) sayəsində səthdə olan müxtəlif atomları bir-birindən ayırd etmək olur. Əvvəllər bunu nümunəni həddən artıq soyutmaq yolu ilə edirdilər. Yaponların təklif etdiyi AQM-də isə bunu adi temperaturlarda da etmək olur. Şəkildə göy rənglə qalay atomları, salat rəngində qurğuşun və qırmızı rənglə silisium atomları göstərilmişdir

- AQM-in prinsipial üstünlüklərindən biri də onun vakumda, adi havada və mayelərdə istifadə oluna bilməsidir. Bunun üçün maye nümunə müəyyən bir qabda olmalıdır. Bəzi hallarda elə nümunə yerləşdirilən altlığa bir damcı maye yerləşdirmək kifayətdir. Üzvü mayelərdən də istifadə etmək olur.
- AQM- də şəkilin alınması təqribən yaxşı hallarda 5-10 dəqiqə çəkir. Bir nümunəni tam analiz edib onun təsvirlərini almaq 1 saata yaxın vaxt aparır. Beləliklə 1 iş günü ərzində 6 -8 nümunənin təsvirlərini almaq olar.
- Nümunənin ölçüləri nə qədər olmalıdır? Adətən nümunənin hündürlüyü 2 sm-dən az, diametri isə 5 sm tərtibində olmalıdır. Bu yuxarıdan aşağı modellər (mikroskop nümunə üzərində durur) üçün rahatdır. Yadda saxlamaq lazımdır ki, AQM ayırdetmə qabiliyyəti yüksək olan bir cihazdır. Odur ki, o ölçüləri kiçik olan (adətən 100X100 mkm) nümunələri skan etmək üçündür. Beləliklə nümunənin tipik ölçüsü 8mm x 8mm x 1mm, maksimum 15 mm diametri ola bilər.
- Nümunələri necə hazırlamalı? İstənilən bərk maddə AQM üçün qəbul ediləndir. Toz halında (pudra) nümunələr isə AQM üçün problem yaradır. Nümunə altlığının üzərində belə nümunələr zond hərəkət edərkən dağıla bilər. Odur ki, belə toz halında olan maddələri suda həll edib slyuda təbəqə üzərində təkrar qurutmaq lazımdır. Bu zaman toz hissəcikləri slyudaya yapışır. Çox hallarda isə hissəcikləri membranda, polimerdə və dispersiya mühitində yerləşdirməklə nümunələr hazırlanır.

Yadda saxlayın AQM səthin topoqrafiyasını, relyefini, xüsusiyyətlərini araşdırmaq üçün Yaradılan cihazdır. Odur ki, araşdırılan nümunələrin səthi çox təmiz olmalıdır. Təssəvvür edin əgər qınlığı 3 mm olan nümunənin səthində 3 nm qalınlığında çirkolarsa onda onun səthində siz heç nə görə bilməyəcəksiniz

Tək atomu AQM –də necə görmək olar? Bu mümkündürmü?

3 şeyi yadda saxlayın

1. Adi cisimlər kimi Atomun şəklini görmək elə də asan məsələ deyil.
2. Atomun şəklini görmək üçün nümunə, zondun iynəsi yüksək dərəcədə keyfiyyətli olmalı, kənar təsirlər (AQM duran yerdə temperatur, hava axını, vibrasiya və s.) minimum olmalıdır.
3. Atomların şəklini almaq elə də lazımlı deyil

AQM və eləcə də digər STM, STEM və s. mikroskoplar ümumilikdə Skan Zond Mikroskopları ailəsinə mənsubdur. Skan Zond Mikroskopu ilə

1. Maddənin səthində olan atom və molekul strukturları görmək olur, onlara təsir edərək manipulyasiya etmək olur. STM –in və AQM-in fəza ayırdetmə qüvvəsi bəzi hallarda nanometrin mində birindən böyük olur.

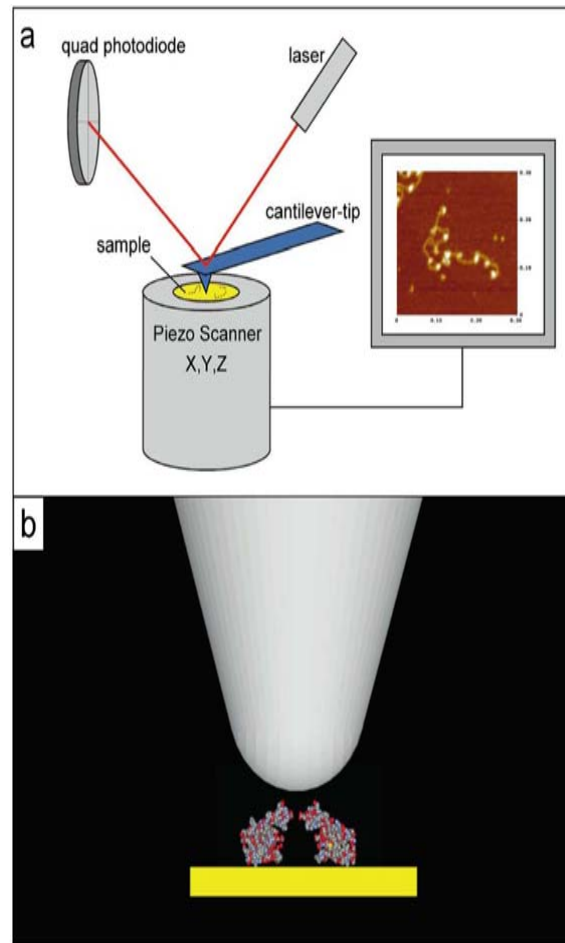
2. Səthlərin strukturunu və xüsusiyyətlərini (mexaniki, elektrik və elektron, və s.) müxtəlif mühitlərdə -havada, təmiz mayelərdə və məhlullarda, vakumda öyrənmək olar

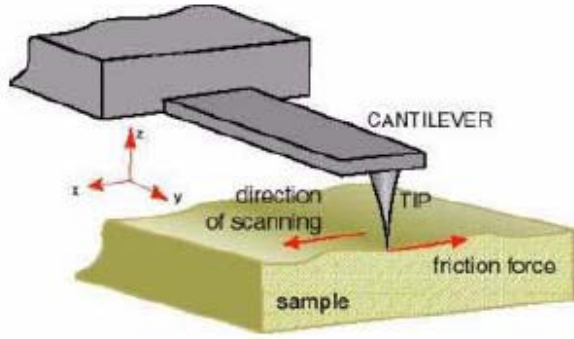
3. Əyani təsvirlər almaq olur



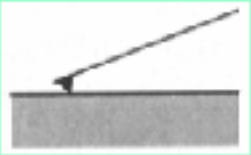
AQM-in sxematik quruluşu

(a) Kantilever –ucluq, peyzoelektrik boru, skaner, optik səpilmə sistemi və komputer təsviri. (b)Konus formalı ucluğun müqayisəsi, ucluğun radiusu 5 nm və GroES molekul



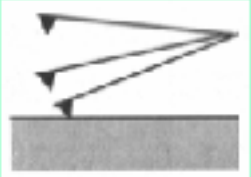


AQM –in 3 tip işləmə üsulu var



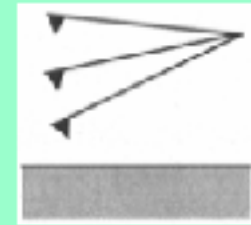
Kontakt üsulu

Lazer şüası ucluğun kənarlanmasını (rəqsini) ölçür
Peyzoelektiklə əks əlaqə skan qüvvəni sabit saxlayır



Fırlanma – addımlama üsulu

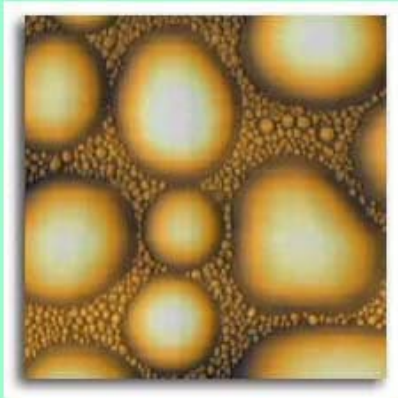
Ucluq bir neçə nm amplituda ilə ossilyasiya edir.
Tezlik adətən 50 – 400 kHz olur
Toxunma amplitudun max.qiymətlərində baş ver
Nümunə aşağı yuxarı qalxır və bu zaman amplitud sabit qalır



Qeyri kontakt üsulu

Ucluq bir neçə nm amplituda ilə ossilyasiya edir.
Tezlik adətən 50 – 400 kHz olur
Ucluq səthdən həmişə 5-10 nm hündürdə qalır
Nümunə aşağı yuxarı qalxır və bu zaman amplitud sabit qalır
Bu yumşaq materiallar üçün yaxşıdır

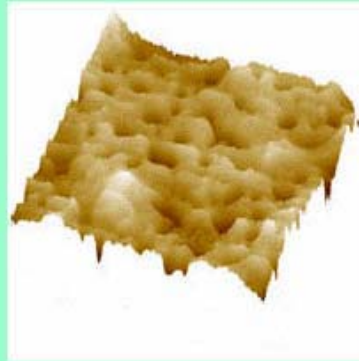
Müxtəlif üsullarla alınan şəkillər



Contact AFM image of metallic glass surface. Roughly hemispherical shapes are formed in two rather broad sizes ranging from 0.25-1.0 μm to 5-10 μm in diameter and are quite smooth in roughness. Why these features form is unknown.

Field of view 30 μm x 30 μm

Image Courtesy of Richard A. Bley, University of Virginia, Dept. of Physics.



The sample is a strip of adhesive (3M Scotch tape) that has been peeled of a metal surface. The image shows small pits in the sticky surfaces of the adhesive. The image was acquired in TappingMode at frequency of 3 Hz and setpoint of 1.8 V.

2 μm scan

Courtesy [A. Paul](#), Washington State University, USA.



TappingMode AFM image of a (100) SrTiO₃ substrate surface. The crystal has been wet chemical etched in buffered HF and annealed at 1100 C. for 1 hour in oxygen. The step height of one unit cell (0.39nm) indicates that the substrate has a single termination. Dislocations with screw component are also imaged.

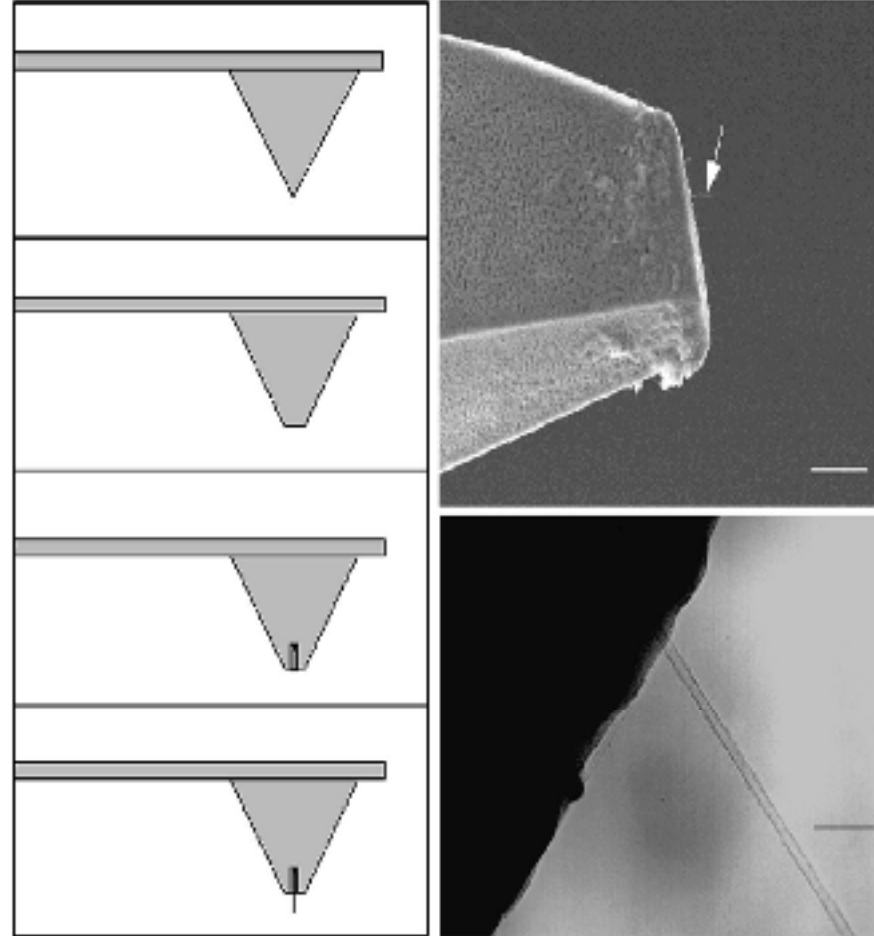
5 μm scan

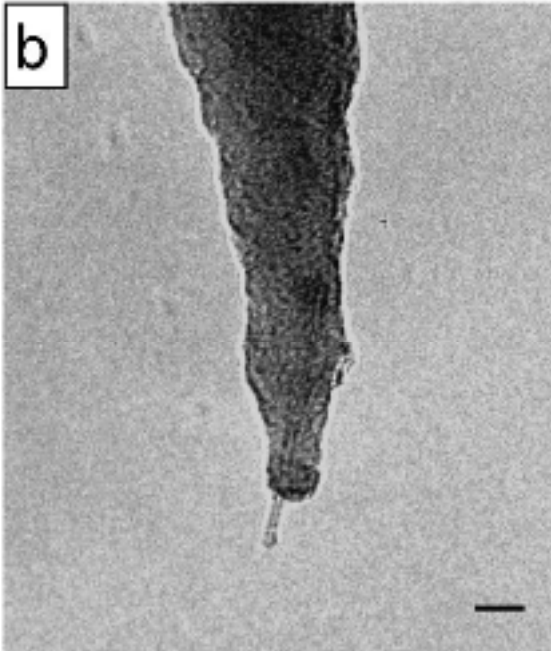
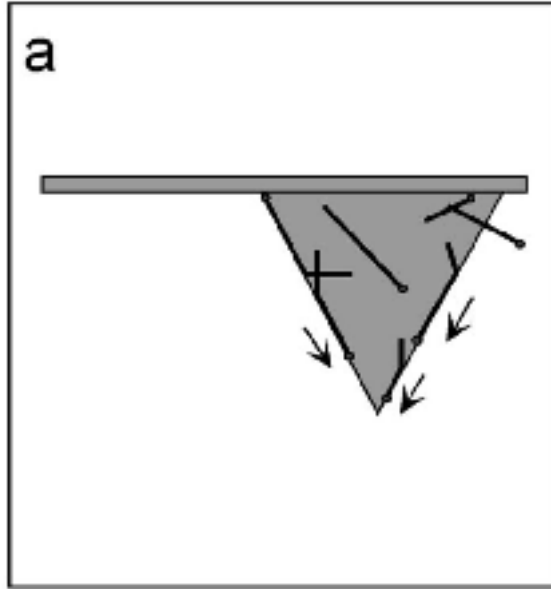
Courtesy [A. Paul](#), T. Wagner and M. Ruhle, Max-Planck-Institut für Metallforschung, Germany



Nanoboru ucluğun yaradılması texnikası solda göstərilmişdir

Mərhələlər: hamarlanma, məsamənin formalaşdırılması, catalizatorun yerləşdirilməsi və CVD nanoborunun daxil edilməsi. Sağda aşağıdakı şəkil - nanoborunun böyüdülməsinin 20 nm miqyasında görünüşü ,

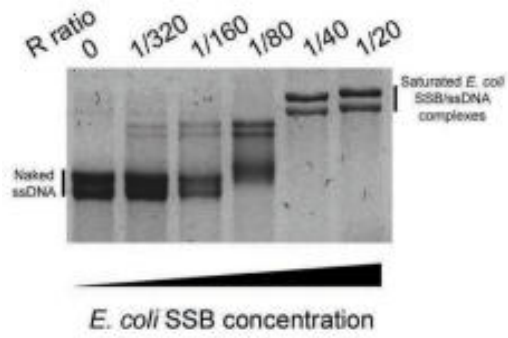




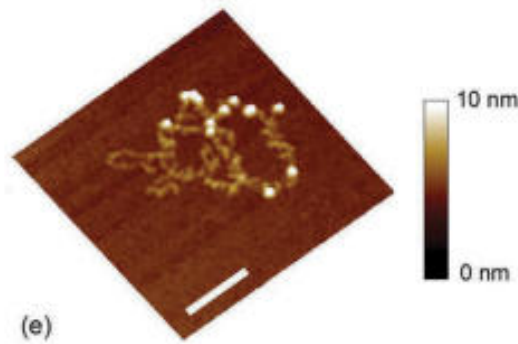
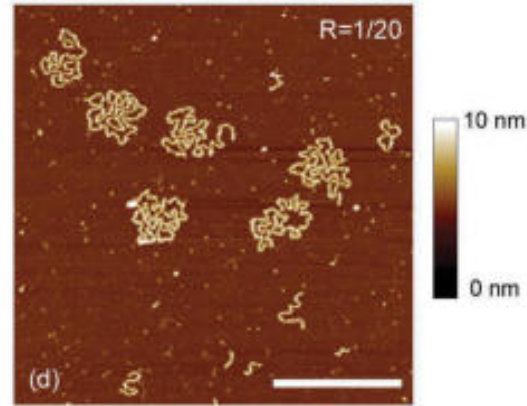
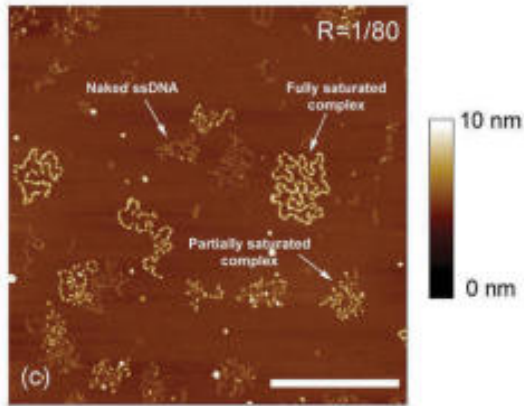
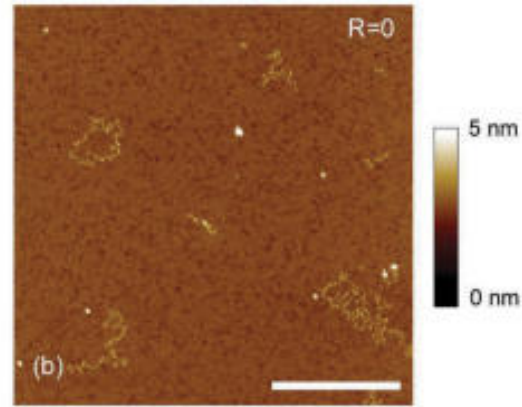
CVD nanoboru uçluğun
səthdən
böyüməsi

a) Səthdən böyümənin
sxematik quruluşu,
hansı ki, nano boru
pramidanın səthində
böyüyür

b) Tək birdivərli nanoborunun
TEM şəkili,
səthin böyüməsi yolu ilə
uçluğun alınması
Miqyas 10 nm-dir

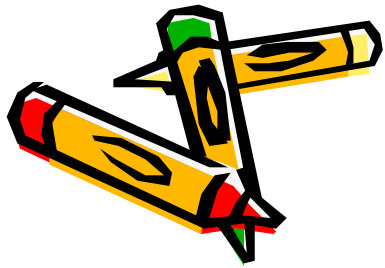
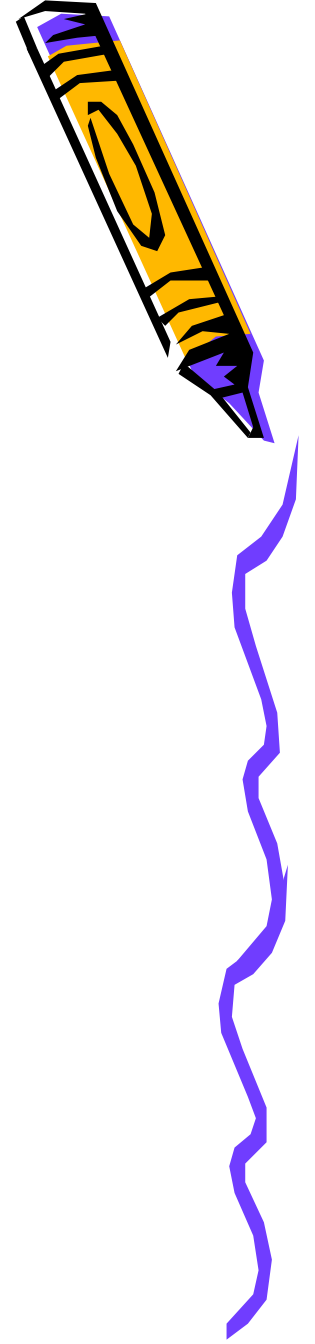
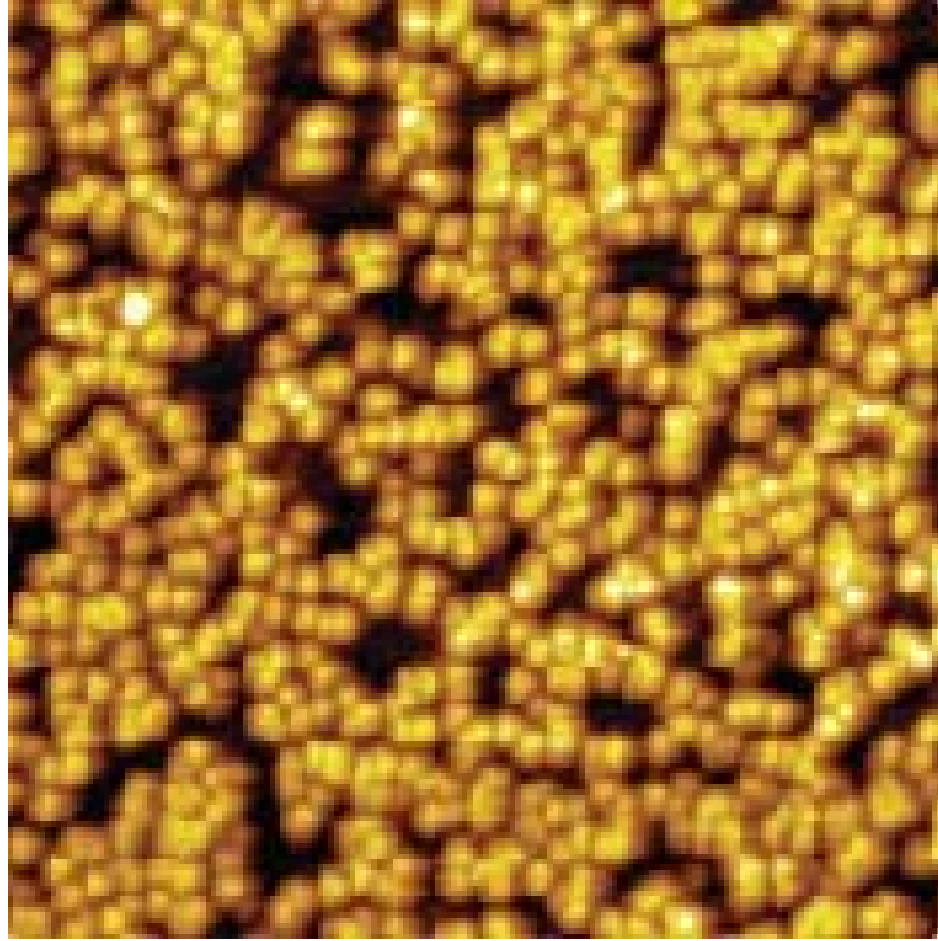


(a)

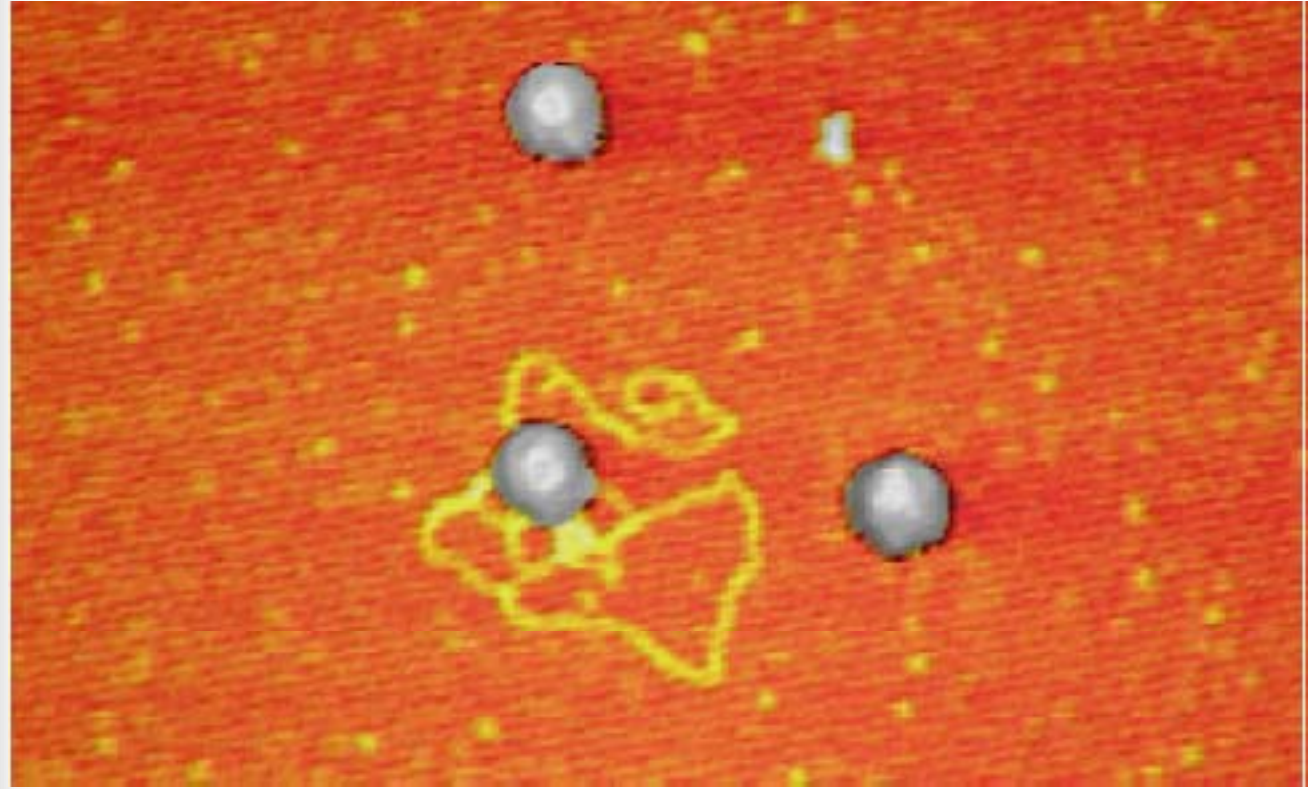


Sərbəst M13ss DNT-nin
AQM təsviri

DNT E.Coli bakteriyasından
götürülmüşdür

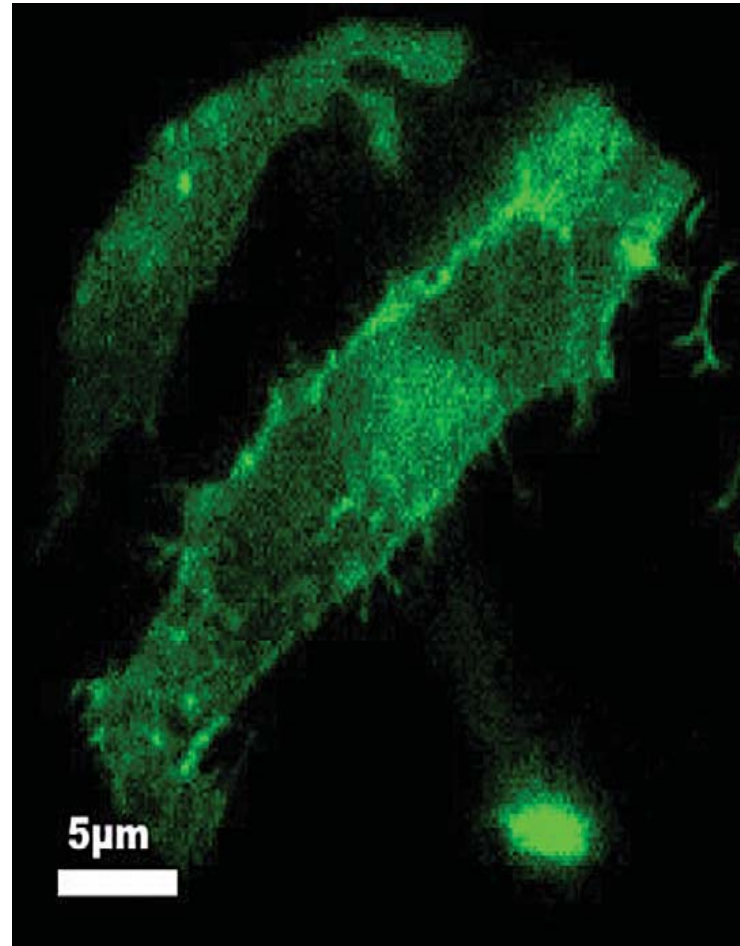


**Ferritin molekulu suda
MAC Mode tipi ile təsvir alınmıřdır
Skan  l c s : 1  m x 1  m.**

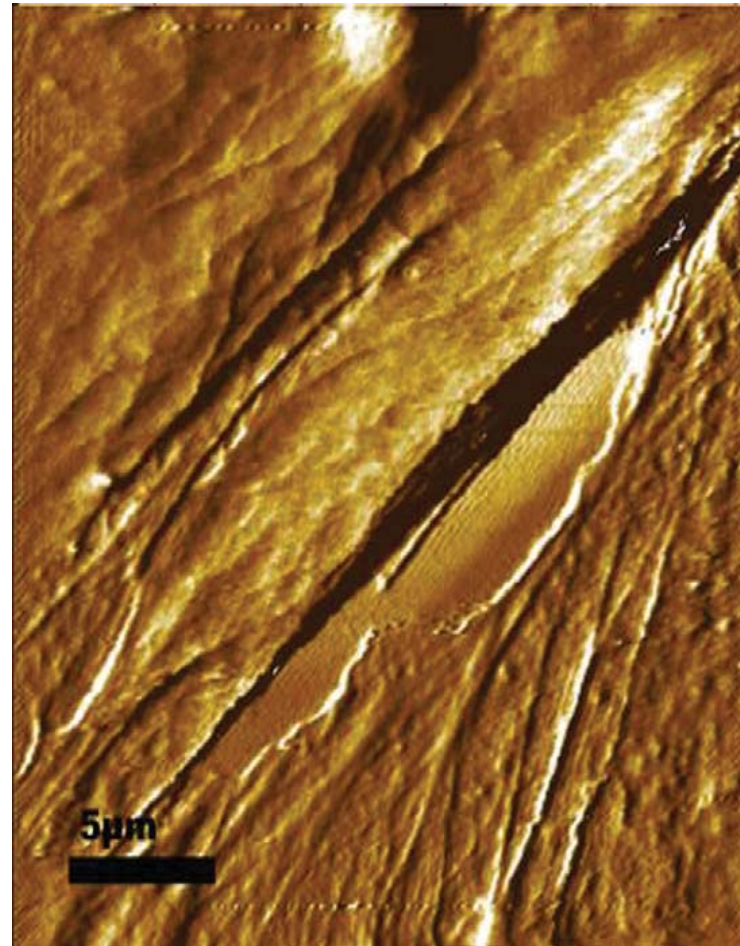


Adenovirus hissəcikləri
Atsuko Negishi tərəfindən çəkilib
(UNC-CH). DNT də görünür

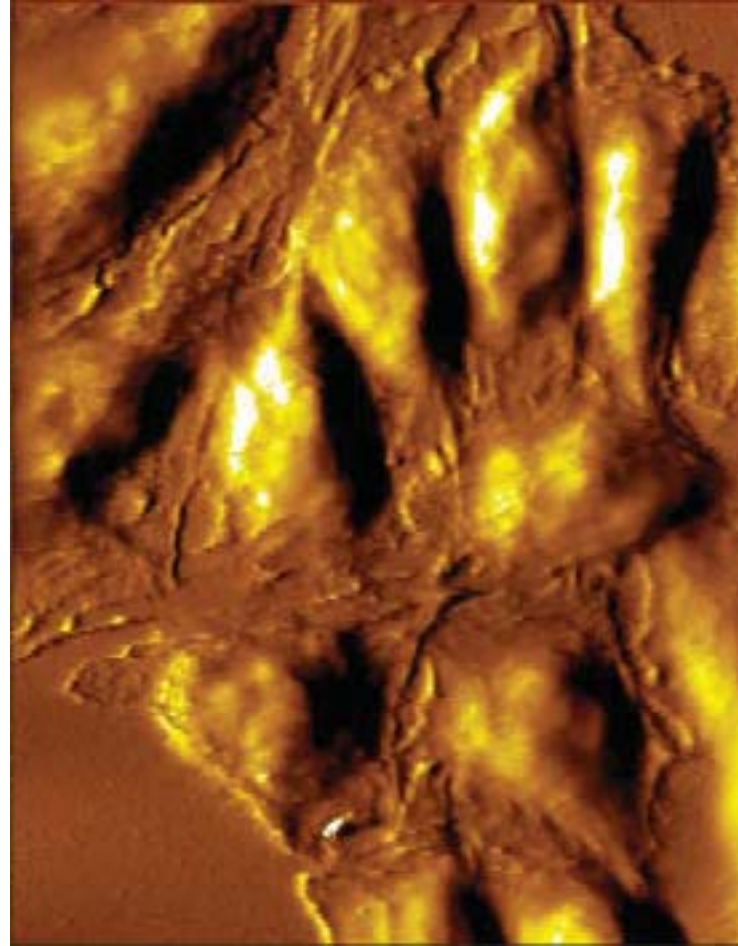
CHO fluresensiya mikroskopu ilə təsvir.



CHO AQM təsviri

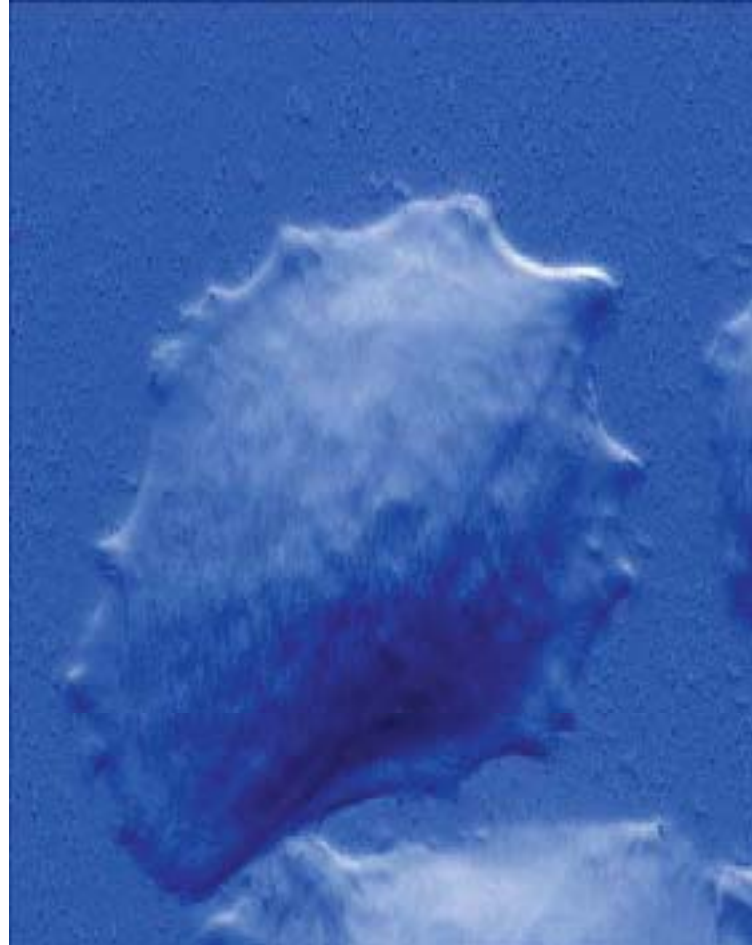


CHO hüceyrələri
Skan ölçüsü: 82 μm .



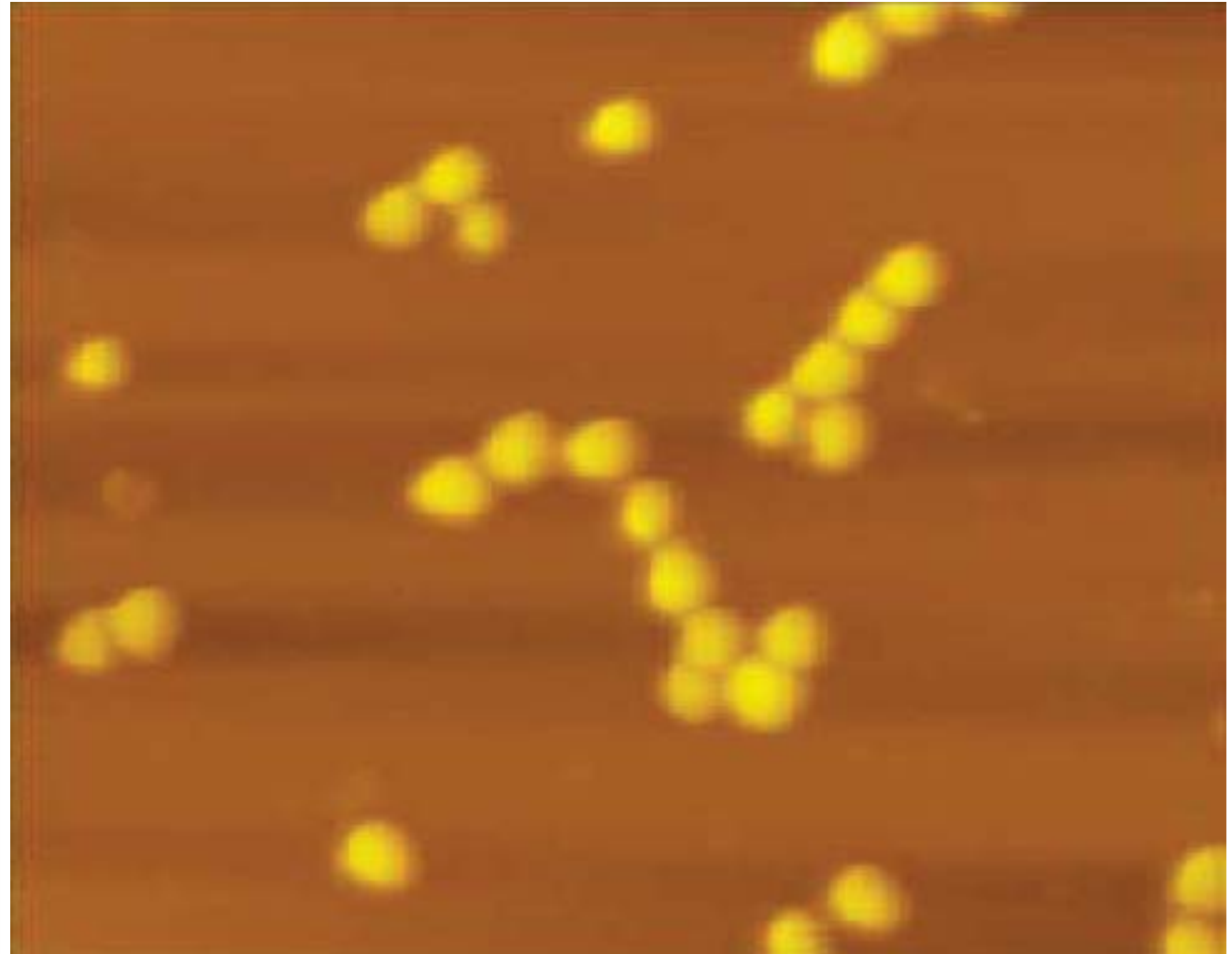
İnsanın ağ ciyərində xərçəng hüceyrəsi

Skan ölçüsü: 45 μm .





Staphylococcus aureus.
Skan ölçüsü: 15 μm .





Escherichia coli.
Skan ölçüsü: 15 μm .





DIQQƏTİNİZƏ
GÖRƏ
MİNNƏTDARAM!