



ЧЛАНЦИ

Иван ГУТМАН, Јелена МАРКОВИЋ, Борис ФУРТУЛА,
Природно-математички факултет Крагујевац (e-mail: gutman@kg.ac.yu)

ФОТОГРАФИЈЕ АТОМА И МОЛЕКУЛА

Најмање два века хемичари знају да је материја изграђена из атома и молекула. До недавно се сматрало да су атоми и молекули толико ситни да се ни на који начин не могу видети. После открића скенирајуће тунелске микроскопије у осамдесетим годинама прошлог века ова тврдња више није тачна: данас се могу направити фоитографије атома и молекула, па чак и атома унутар појединачних молекула. Циљ овог чланка је да читатељце "Хемијског прегледа", а нарочито наставнике хемије, упозна с овом чињеницом, те да им на располагање стави неколико карактеристичних фоитографија.

СКЕНИРАЈУЋА ТУНЕЛСКА МИКРОСКОПИЈА

Због познатог дуализма талас-материја (о чему се може опширније прочитати у уџбеницима [1, 2]) снопови електрона понашају се као таласи. Ова чињеница је још у тридесетим годинама прошлог века искоришћена за конструкцију такозваног *електронског микроскопа*. Помоћу овог уређаја могу се посматрати предмети много мањих димензија од оних који се могу видети на обичном (оптичком) микроскопу. Зато је електронски микроскоп нашао бројне примене у медицини и биологији, као и у неким областима физике и физичке хемије.

У осамдесетим годинама прошлог века учињен је један значајан, могло би се рећи: револуционаран, напредак у овој техници, открићем такозване *скенирајуће тунелске микроскопије* (енглески: Scanning Tunneling Microscopy), скраћено: СТМ. То су заједнички остварили немачки научник Герд Бининг (Gerd Binnig, 1947-), и швајцарски научник Хајнрих Рорер (Heinrich Rohrer, 1963-). Њих двојица су за своје откриће, заједно са конструктором првог електронског микроскопа Ернстом Руском (Ernst Ruska, 1907-1988), године 1986. добили Нобелову награду за физику.

У најкраћим цртама скенирајући тунелски микроскоп ради на следећи начин. Метална игла (најчешће од злата) се постави у непосредну близину (на растојању од око једног нанометра) од површине која се испитује. Између игле и испитиване површине одржава се одређена напонска разлика. Прецизним, електроником вођеним, поступком игла се помера изнад испитиване површине и региструје се струја

која том приликом настаје. Ова струја је последица једне квантно-механичке појаве познате као *тунелски ефекат* [1, 2]. Анализом јачине струје у односу на положај игле може се реконструисати изглед испитиване површине. Прецизност СТМ методе је толико велика да се могу препознати појединачни атоми на површини узорка; о томе касније. Опширније у скенирајућој тунелској микроскопији може се наћи у чланку [3], недавно објављеном у „Хемијском прегледу”.

КАКО СЕ ФОТОГРАФИШУ АТОМИ И МОЛЕКУЛИ

Свима је познато да особа коју фотографишу треба да мирује, да би слика испала добро. Сличан захтев постоји и када желимо да фотографишемо атоме и молекуле, једино га је знатно теже остварити. Атоме и молекуле не можемо замолити да се за тренутак, док их сликамо, умире. Да би се атоми и молекули што мање и што спорије кретали потребно је снизити њихову температуру. Зато се, кад год је то могуће, СТМ фотографије атома и молекула праве на веома ниским температурама, реда неколико десетина келвина.

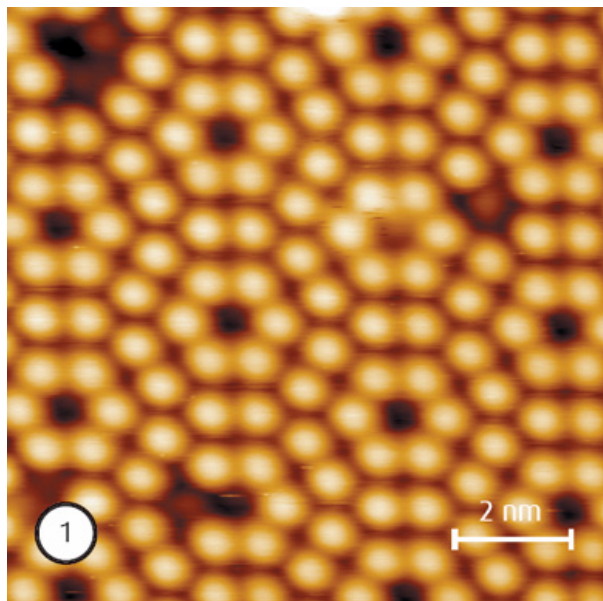
Други, за хемију интересантнији, начин „умиривања” молекула јесте да се они адсорбују на површину неког метала. Тако „заробљени” молекули се мало или нимало не крећу и погодни су за снимање. Недавно је успело и фотографисање молекула у покрету и током хемијске реакције, о чему такође постоји чланак [4] у „Хемијском прегледу”.

ФОТОГРАФИЈЕ

Данас се на интернету могу пронаћи бројне СТМ фотографије атома и молекула. Читатељима „Хемијског прегледа” који за то имају прилику, препоручујемо да их сами потраже. Довољно је у претраживач уписати „STM molecule”. О овом одељку приказујемо и укратко коментаришемо неколико таквих фотографија – једну на којој се виде атоми, две на којој се виде појединачни молекули, и једну на којој се виде појединачни атоми у молекулу.

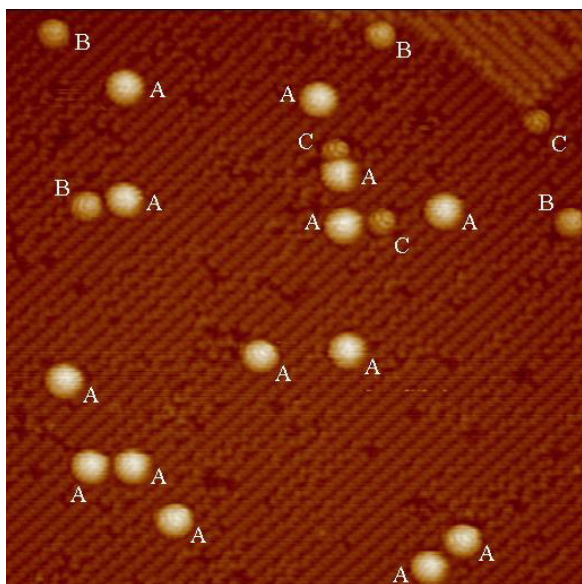
На слици 1 се види површина кристала силицијума. Лепо се уочавају појединачни атоми и њихов правилан распоред у кристалној решетки. Пажљиво

вијим посматрањем уочићемо и неправилности у распореду атома, такозване кристалне дефекте.



Слика 1. Кристална решетка силицијума.

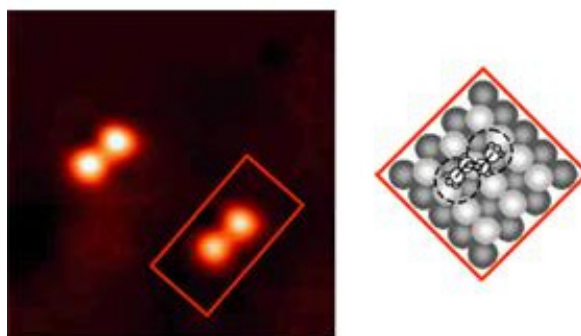
На слици 2 се виде молекули фулерена, адсорбовани на површини сребра (слова А, В, С су, наравно, дописана накнадно). Фулерени су молекули састављени од већег броја угљеникових атома, формуле C_n . Словом А су означени молекули са шездесет угљеникових атома, C_{60} док молекули означени са В и С имају мање од шездесет атома (што се и голим оком лако препознаје).



Слика 2. Молекули фулерена (C_n) адсорбовани на површини сребра.

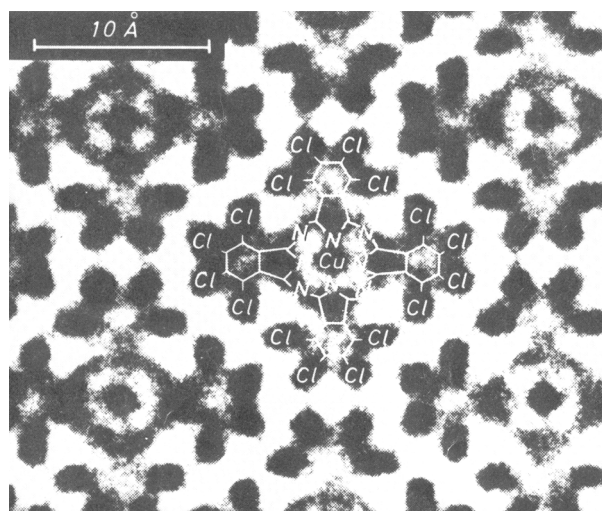
На слици 3 (с леве стране) је фотографија двају молекула транс-бутена, $CH_3CH=CHCH_3$, адсорбованих на површини паладијума. Свако светло поље одговара групи CH_3CH , а између два суседна светла поља је двогуба веза $C=C$. Дијаграм с леве стране (који није фотографија) илуструје начин на који су моле-

кули транс-бутена адсорбовани на кристалној решетки метала.



Слика 3. Лево: Два молекула транс-бутена адсорбована на површини паладијума. Десно: Скица која илуструје начин адсорпције транс-бутена на кристалној решетки паладијума

На слици 4 видимо фотографију молекула хлораног бакар(II)фталочијанина. На једном од молекула накнадно су уписани симболи одговарајућих атома. Лако се препознају атоми бакара и хлора, а атоме хлора можемо чак и пребројати. Да би се уочили остали атоми потребно је мало више маште.



Слика 4. Молекули хлораног бакар(II)фталочијанина; поједини атоми у молекулу, нарочито бакар и хлор, се добро распознају.

ЗАКЉУЧАК

Давнашњи сан хемичара да виде атоме и молекуле је остварен.

Abstract

PHOTOS OF ATOMS AND MOLECULES

Ivan Gutman, Jelena Marković, Boris Furtula

Faculty of Science Kragujevac, Serbia

By means of scanning tunnelling microscopy (STM) it is possible to make photographs of atoms and molecules, as well as atoms within molecules. The basic principles of STM are outlined and a few photographs shown and briefly commented.

ЛИТЕРАТУРА

- В. Вукановић, *Аџиомисџика*, Научна књига, Београд, 1977, поглавље 6.
- С. Мацура, Ј. Радић-Перић, *Аџиомисџика*, Службени лист СЦГ, Београд, 2004, поглавље 8.

- М. Р. Радовић, Н. Бундалески, З. Љ. Ракочевић, Сканирајуци тунелски микроскоп. Примена за анализу површина чврстог тела, Хем. Преглед 44 (2003) 14.
- И. Гутман, С. Станковић, Б. Чабрић, Н. Стевановић, Хемијска реакција посматрана помоћу електронског микроскопа, Хем. Преглед 45 (2004) 26.

