

## SINTETIČKI DIJAMANTI



PRVI REPRODUCIBILAN, DOKAZAN I UPOTREBLJIV POSTUPAK SINTEZE DIJAMANATA RAZVIO JE (~1953.) HOWARD TRACY HALL (20. X, 1919 – 25 VII, 2008); AMERIČKI FIZIKO-HEMIČAR. DANAS SE ŠIROKO PRIMENJUJE, KAO JEDNA OD DVE METODE, ZA PROIZVODNJU DIJAMANATA INDUSTRIJSKOG KVALITETA I, U DALEKO MANJEM OBIMU, ZA NAKIT. NE RAZLIKUJU SE SUŠTINSKI OD PRIRODNIH DIJAMANATA.

### CVD Synthetics



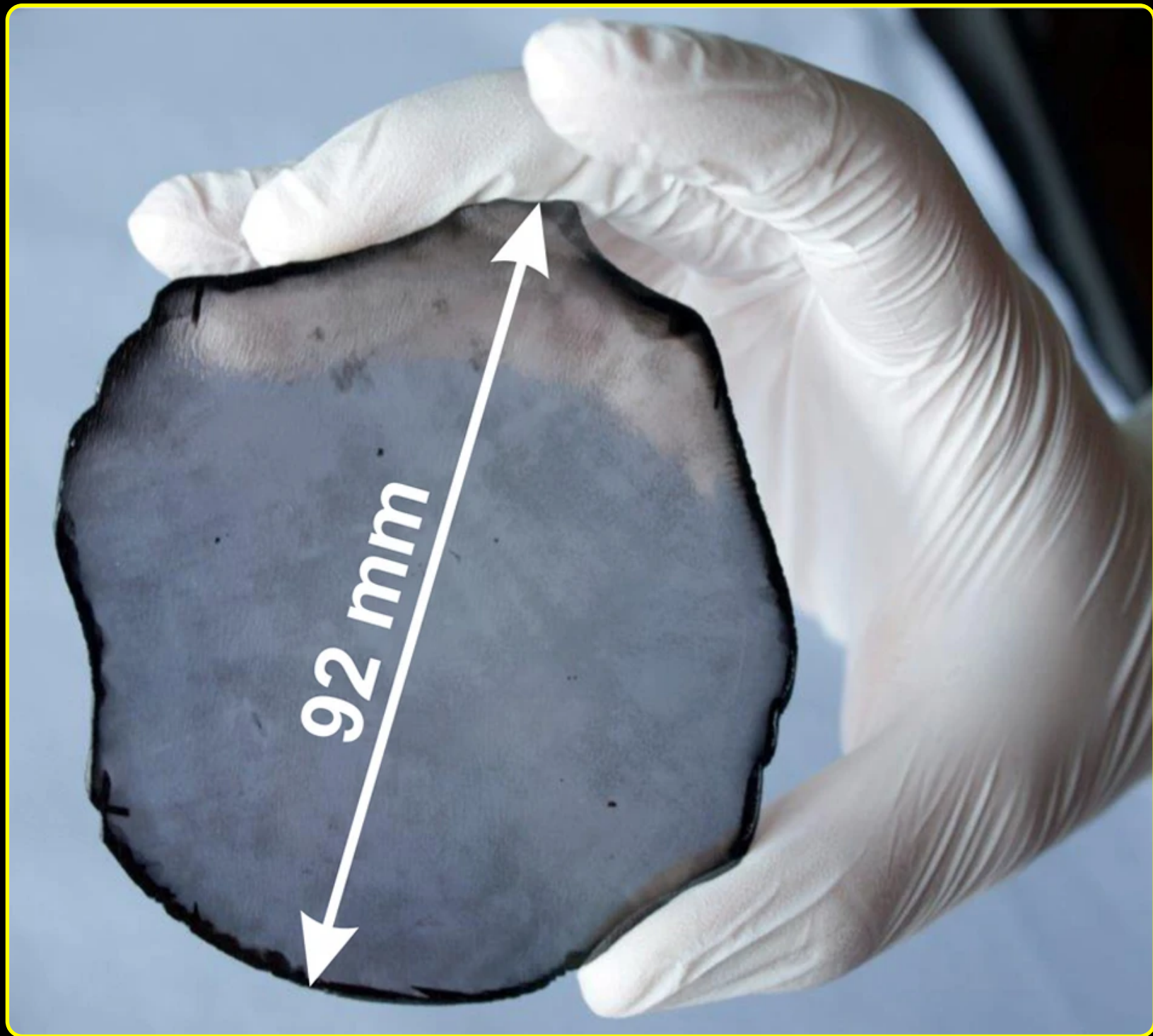
### HPHT Synthetics



TIPIČNO: 1-8 mm DUŽINE I DO 8-9 KARATA TEŽINE (KARAT= 0.2g)

<https://www.gia.edu/images/SU18-synthetic-diamond-chart-callouts-232524-1280px.jpg>

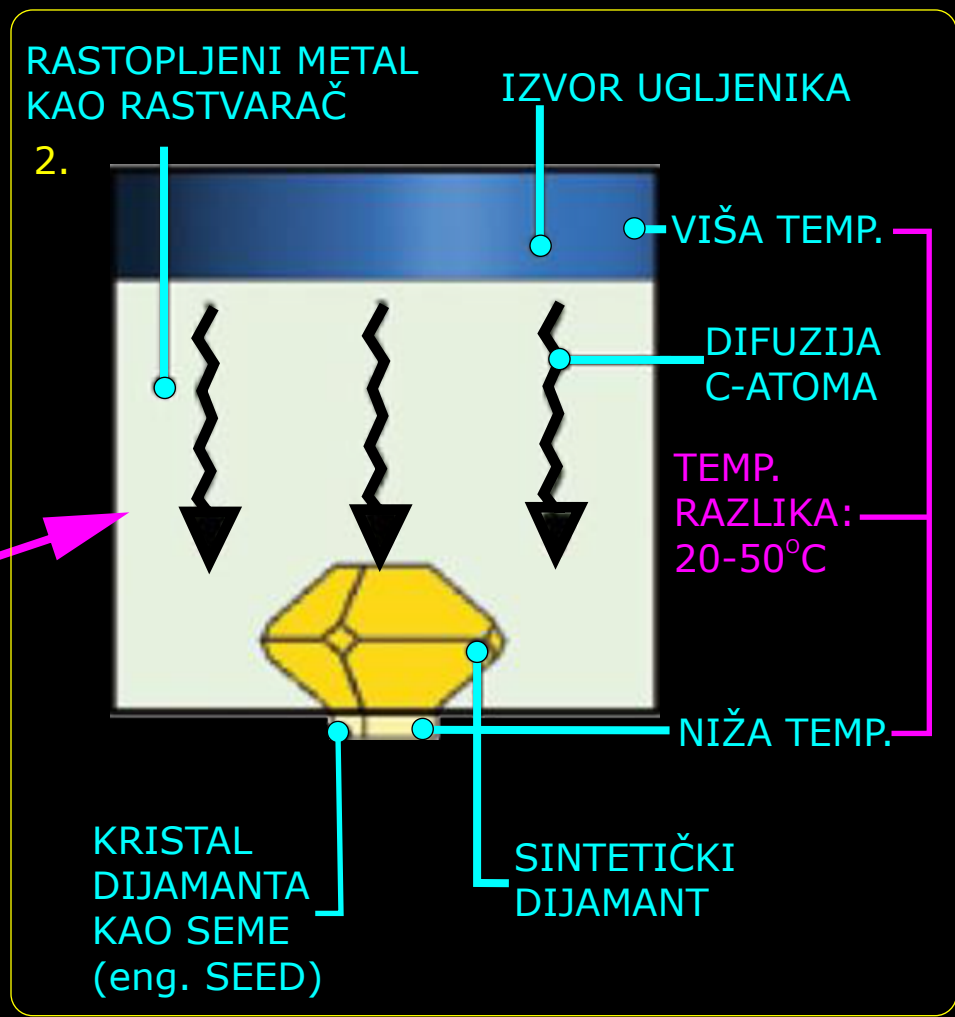
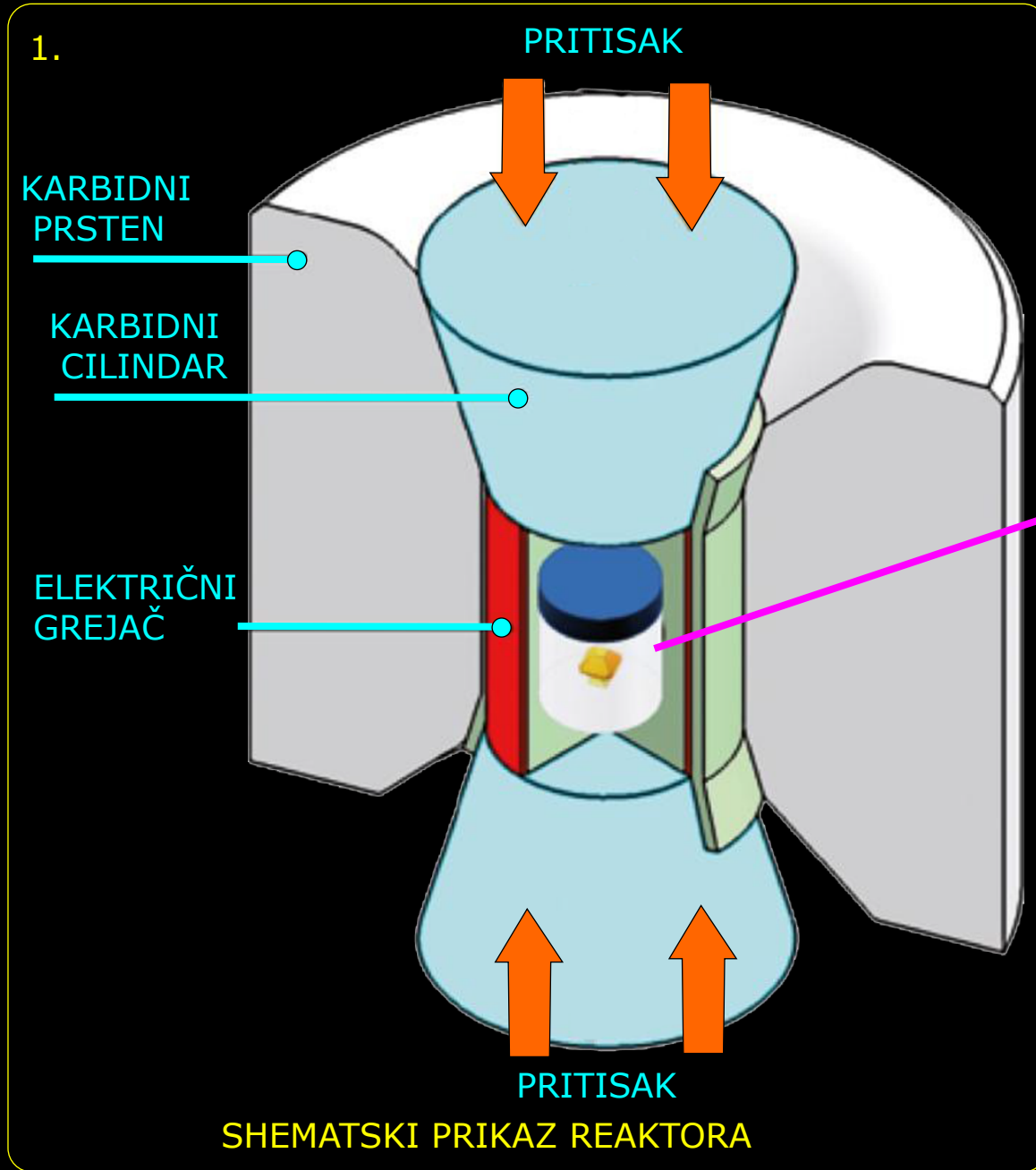
NAJVEĆI SINTETIČKI  
DIJAMANT DOBIJEN DO  
SADA (155 KARATA,  
31g) . PRIMENJENJA JE  
METODA NANOŠENJA  
HEMIJSKE PARE (CVD).  
DEBLJINA:  $1.6 \pm 0.25$  mm



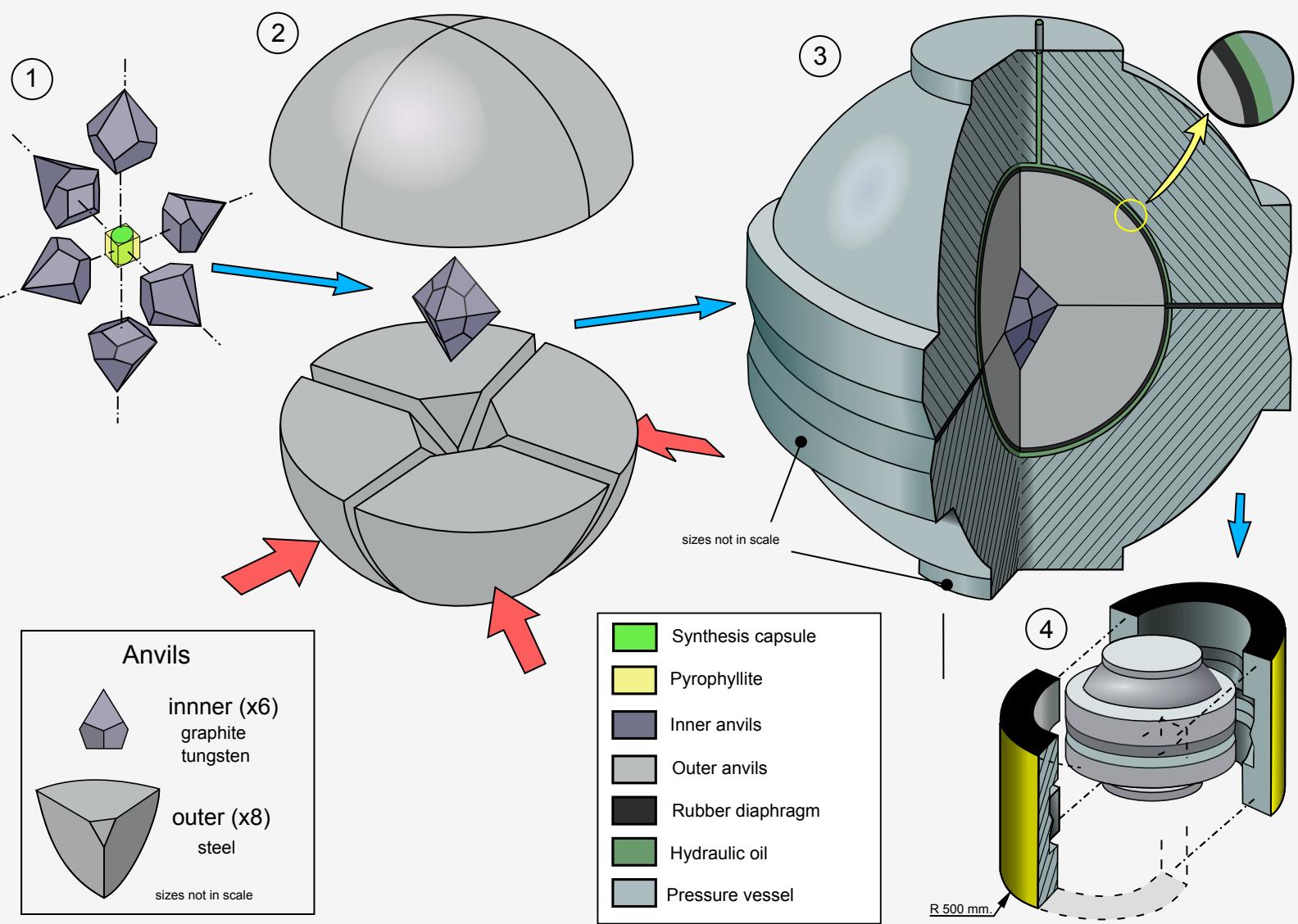
# BRUŠENJE SINTETIČKOG DIJAMANTA ZA NAKIT -POSTUPAK JE ISTI KAO I ZA PRIRODNE DIJAMANTE



# SHEMATSKI PRIKAZ METODE ZA DOBIJANJE SINTETIČKIH DIJAMANATA METODOM VISOKOG PRITISKA I VISOKE TEMPERATURR (HPHT, eng. high pressure high temperature).



UVEĆAN PRIKAZ KOMORE ZA RAST KRISTALA.  
RADNI USLOVI:  $t > 1300^{\circ}\text{C}$ ,  $P > 50\,000\text{ atm}$ ,  
VREME RASTA KRISTALA: NEKOLIKO DANA  
VELIČINA DIJAMANTA: DO  $\sim 8\text{ mm}$



POSTOJE BROJNA  
 TEHNIČKA REŠENJA ZA  
 PRMENU METODE  
 VISOKOG PRITISKA I  
 TEMPERATURE. JEDAN  
 NOVIJI SISTEM, POZNAT  
 KAO BARS, RAZVIJEN JE  
 KRAJEM OSANDESETIH  
 GODINA U SOVJETSKOM  
 SAVEZU. FUNKCIONIŠE NA  
 PRITISKU OD ~100 000  
 atm I 2500°C. SINTETIČKA  
 KAPSULA IMA ZAPREMINU  
 ~ 2 cm<sup>3</sup>.

U PRODAJI SE NALAZE I KOMERCIJALNI UREĐAJI ZA DOBIJANJE SINTETIČKIH DIJAMANTA.



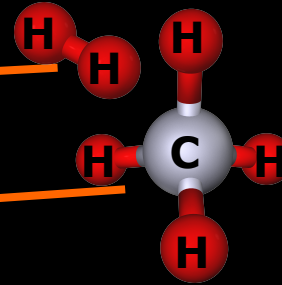
SLIKE PRIKAZUJU UREĐAJE KOJI PRIMENJUJU POSTUPAK VISOKOG PRITISKA I TEMPERATURE (HPHT)



[https://www.tradees.com/detail-qmdiamond/QMWG1000-HPHT-synthetic-diamond-machine-of-QM-in-China\\_30242/](https://www.tradees.com/detail-qmdiamond/QMWG1000-HPHT-synthetic-diamond-machine-of-QM-in-China_30242/)

# POJEDNOSTAVLJENI SHEMATSKI PRIKAZ DOBIJANJA DIJAMANTA NANOŠENJEM HEMIJSKE PARE U HEMIJSKOM REAKTORU (CVD PROCES, eng. chemical vapour deposition)

1. MOLEKULI METANA ( $\text{CH}_4$ ) I VODONIKA ( $\text{H}_2$ ) SE UVODE U REAKTOR



ZONA  
JONIZACIJE

ZONA  
PLAZME

2. POD DEJSTVOM TOPLOTE I ELEKTRIČNOG PRAŽNENJA, POSTAJE ZONA JONIZACIJE, GDE MOLEKULI  $\text{CH}_4$  I  $\text{H}_2$  DISOSUJUJU DO SLOBODNIH, JONIZOVANIH ATOMA,  $\text{C}^+$  I  $\text{H}^+$

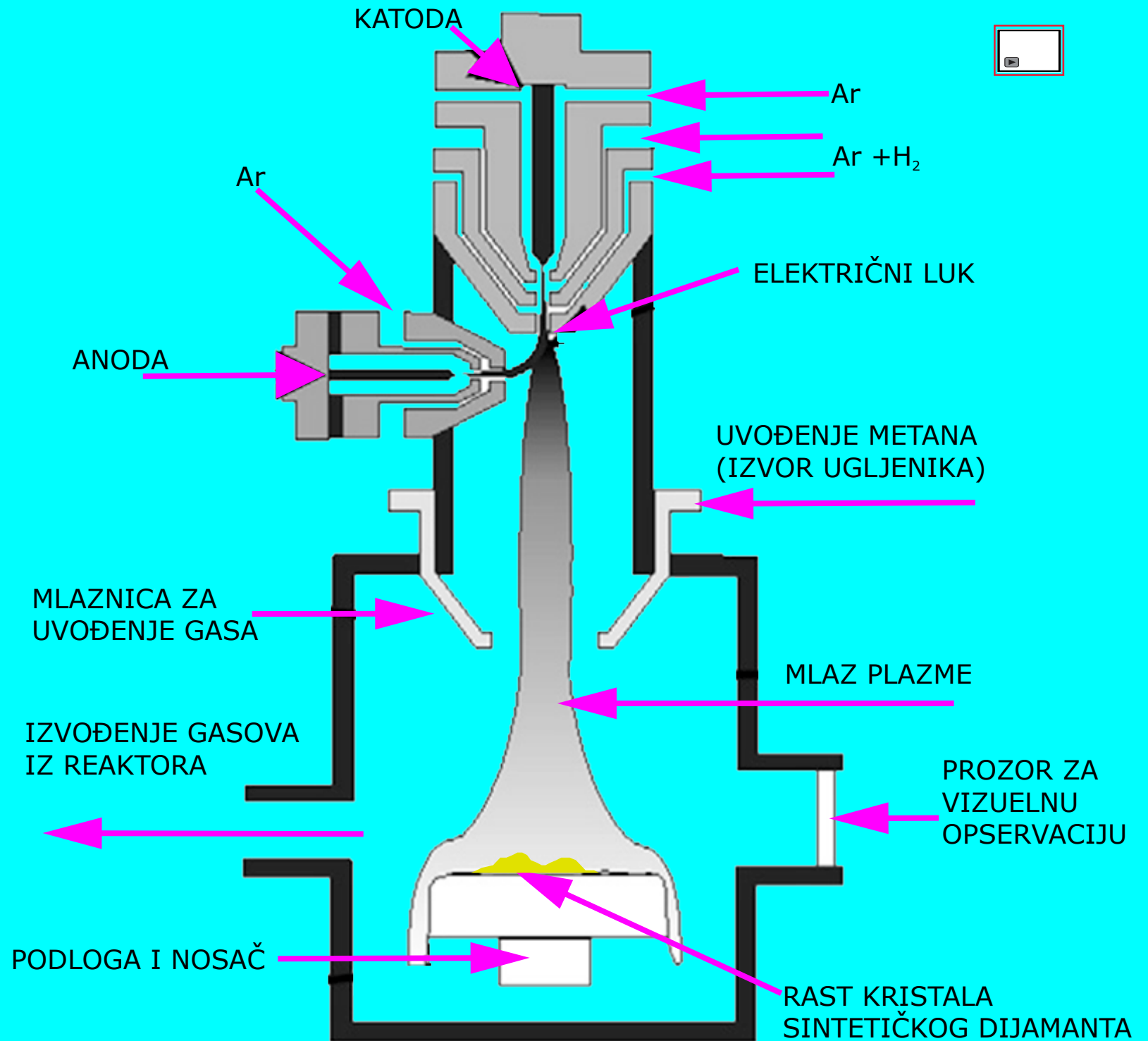
3. JONIZOVANI ATOMI  $\text{C}^+$  I  $\text{H}^+$ , KAO I SLIČNE VRSTE, SE NALAZE U STANJU PLAZME I NASTAVLJAJU DA SE KREĆU U PRAVCU PODLOGE

4. U KONTAKTU SA PODLOGOM, JONIZOVANI ATOMI  $\text{C}^+$  SE RAZELEKTRIŠU I VEZUJU SE ZA PODLOGU, ODN. DRUGE C-ATOME, PRI ČEMU DOLAZI DO POSTEPENOG FORMIRANJA SLOJA KRISTALNOG UGLJENIKA -DIJAMANTA. U PRINCIPU, PROCES NIJE OGRANIČEN DIMENZIJAMA I MASOM POSTALOG SLOJA

SLOJ DIJAMANTA POSTAO NANOŠENJEM C-ATOMA  
PODLOGA

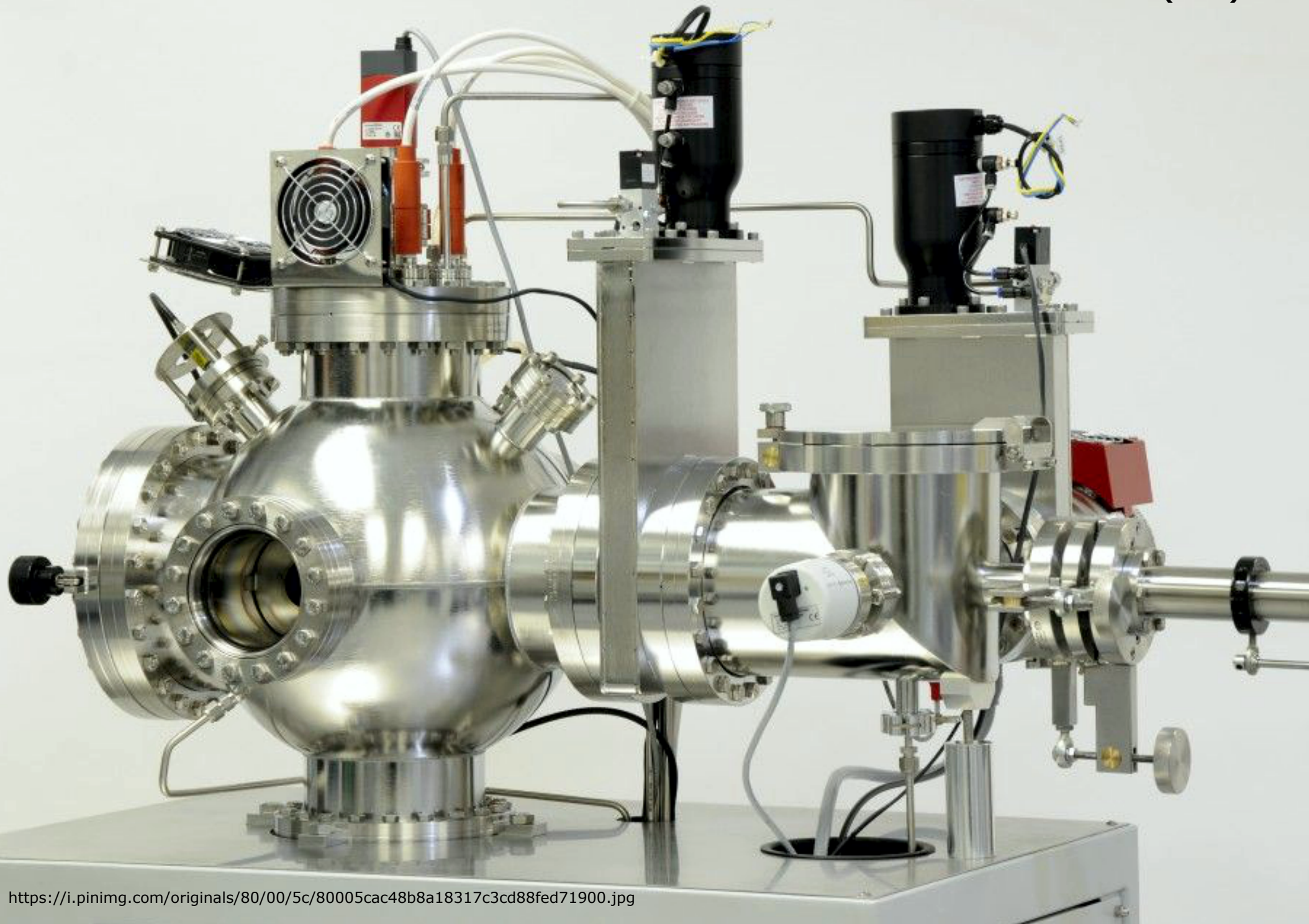


**SHEMATSKI PRIKAZ  
REAKTORA ZA  
SINTEZU  
DIJAMANATA  
METODOM  
NANOŠENJA  
HEMIJSKE PARE  
(CVD). OSNOVNI  
ELEMENTI SU KATODA  
I ANODA, UVODNICI  
ZA GASOVE, Ar, CH<sub>4</sub> i  
H<sub>2</sub> KAO I PODLOGA  
NA KOJOJ SE ODVIJA  
TALOŽENJEJE I RAST  
SINTETIČKOG  
DIJAMANTA. POSTOJE  
I BROJNE DRUGE  
KONSTRUKCIJE I  
REŠENJA**





# IZGLED REAKTORA ZA SINTEZU DIJAMANATA METODOM NANOŠENJA HEMIJSKE PARE (CVD)





## HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFIT (SHEMATSKI PRIKAZ NA ATOMSKOM NIVOU)

ALOTROPSKA

MODIFIKACIJA

UGLJENIKA, KOJA SE

POTPUNO RAZLIKUJE

OD DIJAMANTA,

SVOJOM KRISTALNOM

STRUKTUROM,

FIZIČKIM I, U ZNATNOJ

MERI, HEMIJSKIM

OSOBINAMA.

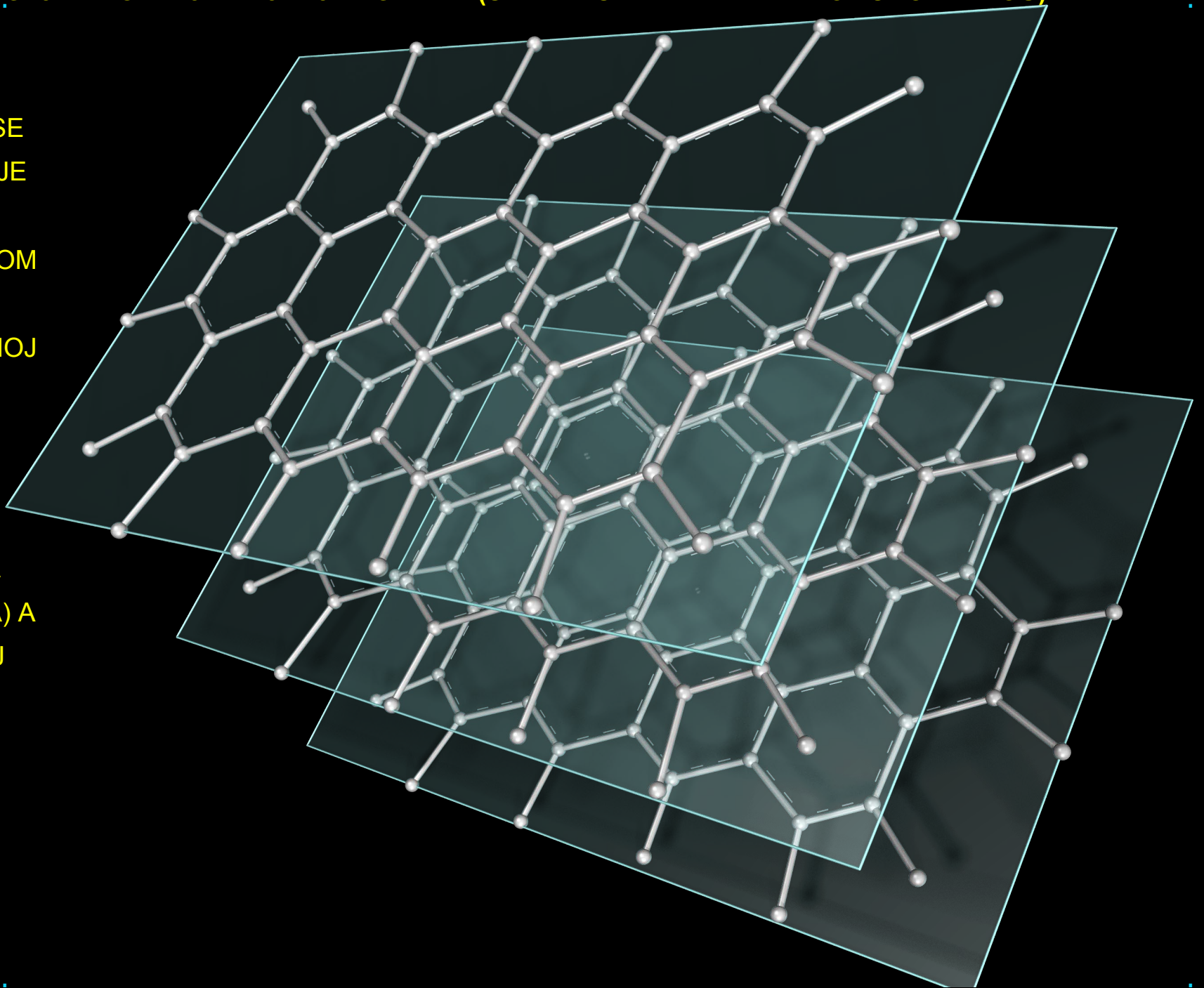
DOBIJA SE IZ

PRIRODNIH IZVORA

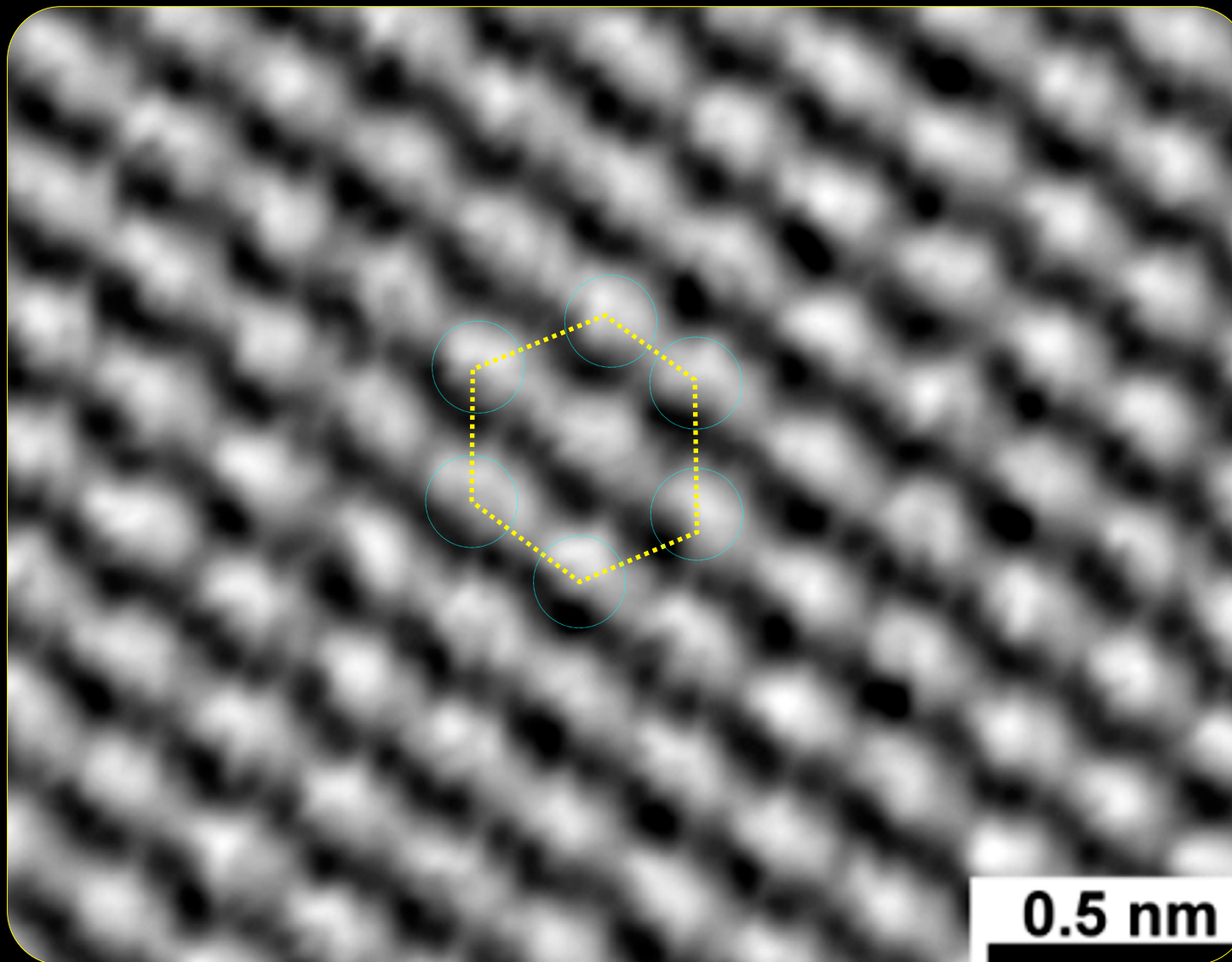
(NASLAGE GRAFITA) A

TAKOĐE, U VELIKOJ

MERI I SINTETIČKI.



## HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFIT

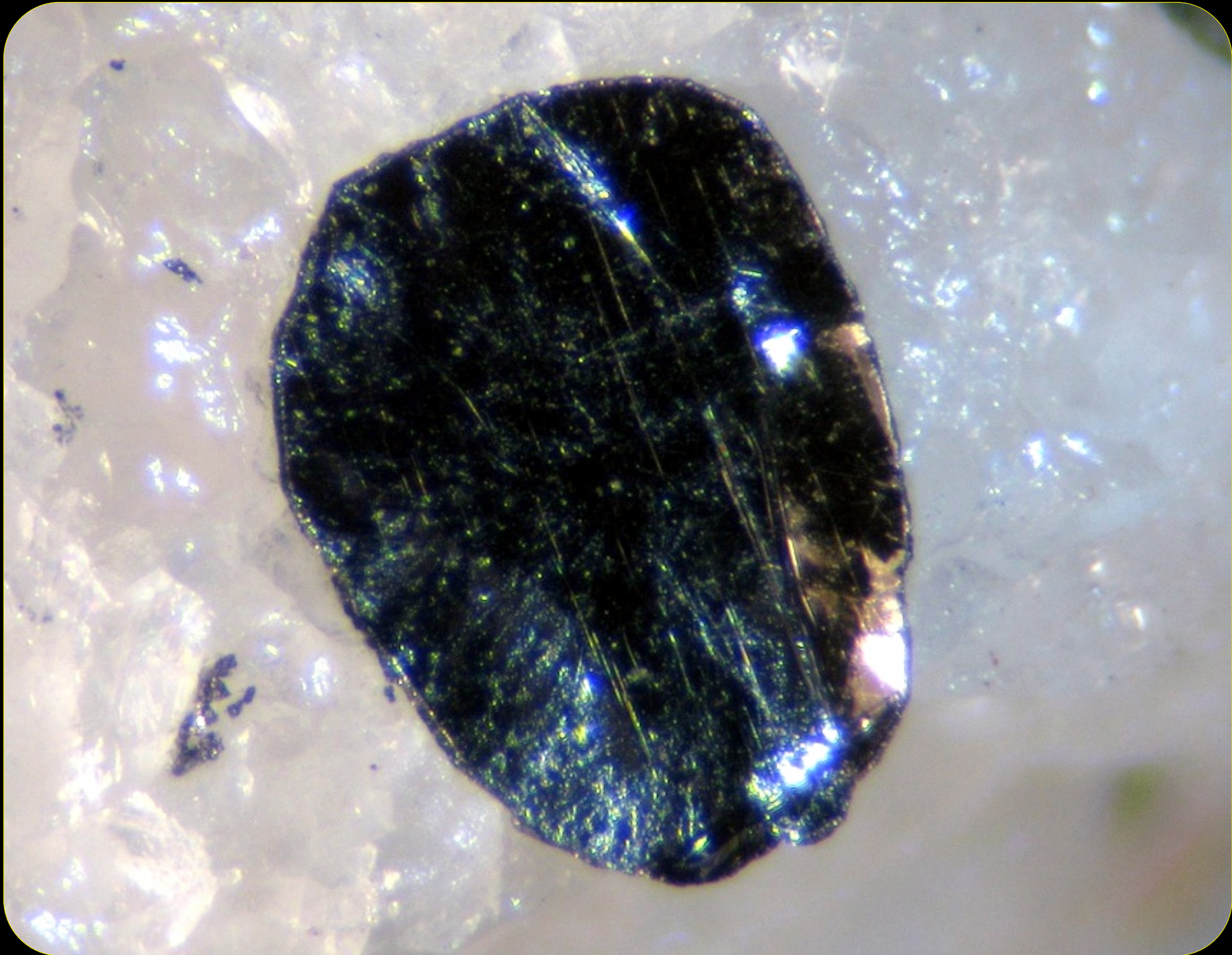


EKPERIMENTALNO DOBIJENA FOTOGRAFIJA, GDE SU UOČAVAJU POJEDINAČNI C-ATOMI NA POVRŠINI SLOJA GRAFITA. SLIKA JE DOBIJENA POMOĆU SKENIRAJUĆEG TUNELIRAJUĆEG MIKROSKOPA (Scanning tunneling microscope)

**HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFIT (PRIRODNI UZORAK)**



**HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFIT NA KVARCU (PRIRODNI UZORAK)**

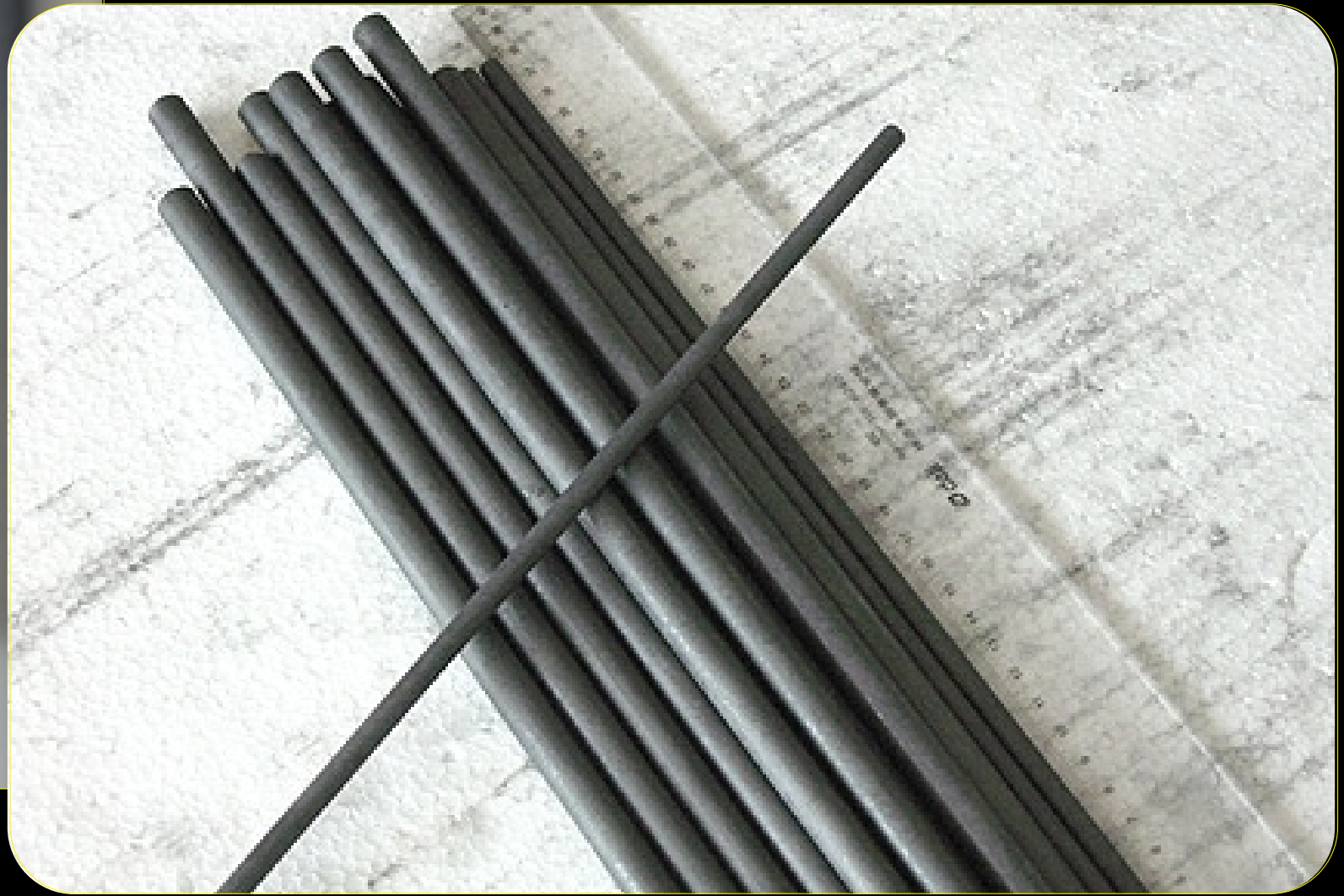


## HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - PRIMENA GRAFITA



**RAZLIČITI OBLICI GRAFITA IMAJU** BROJNE PRIMENE: I DANAS, KAO SREDSTVO ZA PISANJE, A DALEKO VIŠEU ELEKTRO-UNDUSTRIJI, OPREMI KOJA IZDRŽAVA VISOKE TEMPERATURE (BEZ PRISUSTVA KISEONIKA), U NUKLEARNIM REAKTORIMA I DR.

GRAFITNE ELEKTRODE



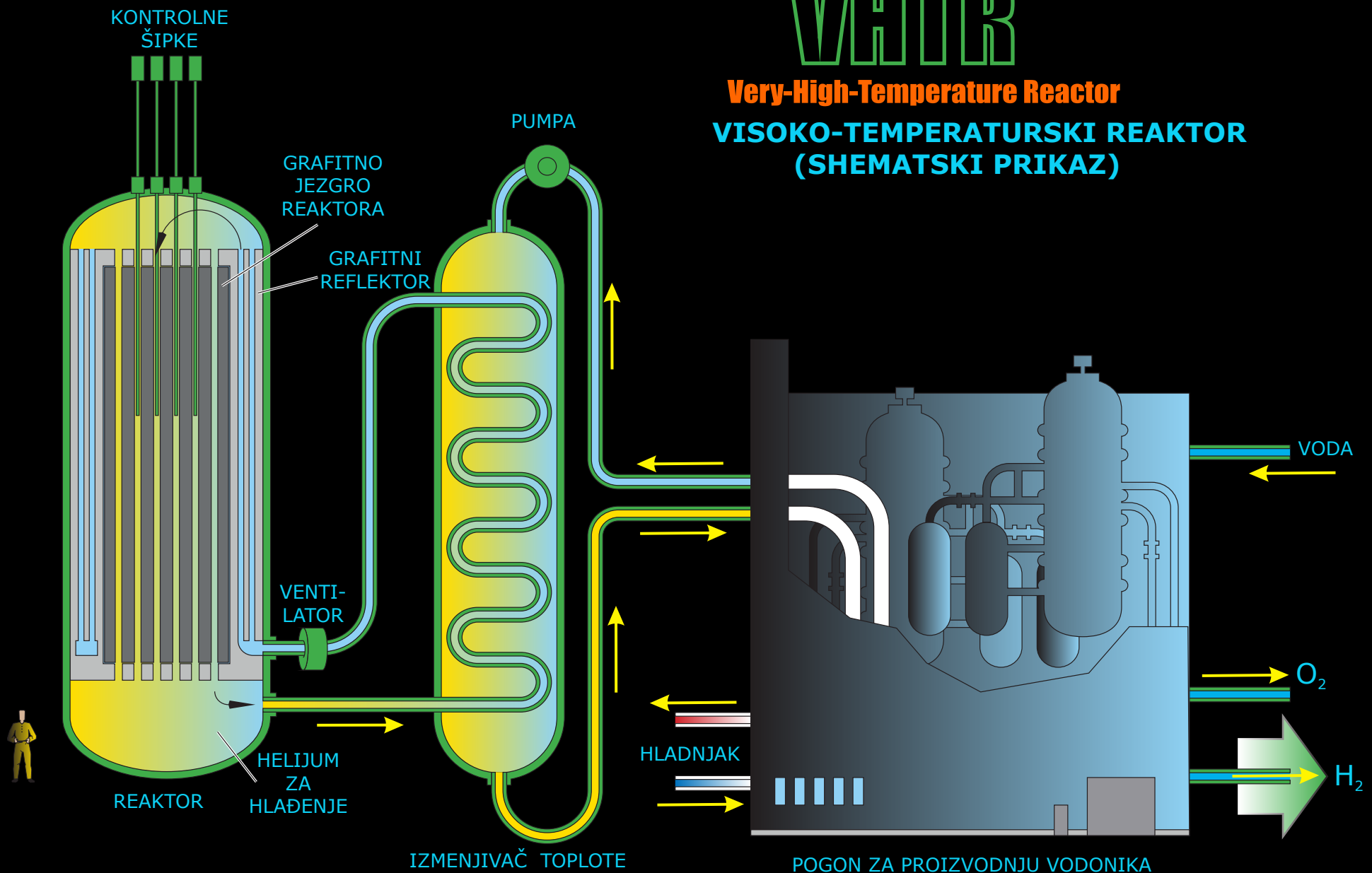
# HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - PRIMENA GRAFITA U NUKLEARNIM REAKTORIMA

ELEMENTARNI UGLJENIK U OBLIKU PIROLITIČKOG GRAFITA, ŠIROKO SE PRIMENJUJE U RAZLIČITIM VRSTAMA NUKLEARNIH REAKTORA, ZA KONTROLU EMISIJE ODN. ZA REFLEKSIJU OSLOBOĐENIH NEUTRONA.

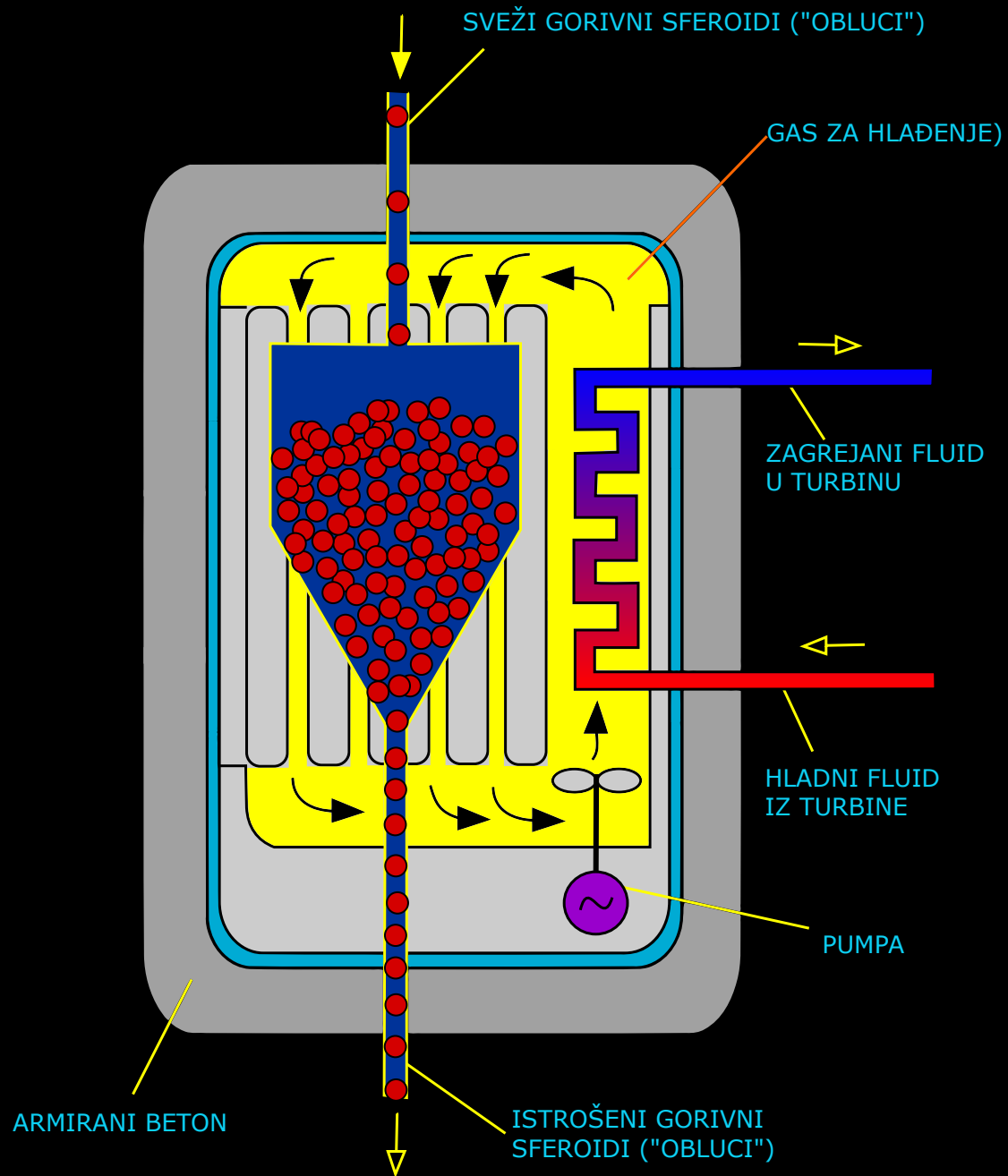
# VHTR

Very-High-Temperature Reactor

VISOKO-TEMPERATURNI REAKTOR  
(SHEMATSKI PRIKAZ)



# HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - PRIMENA GRAFITA U NUKLEARNIM REAKTORIMA

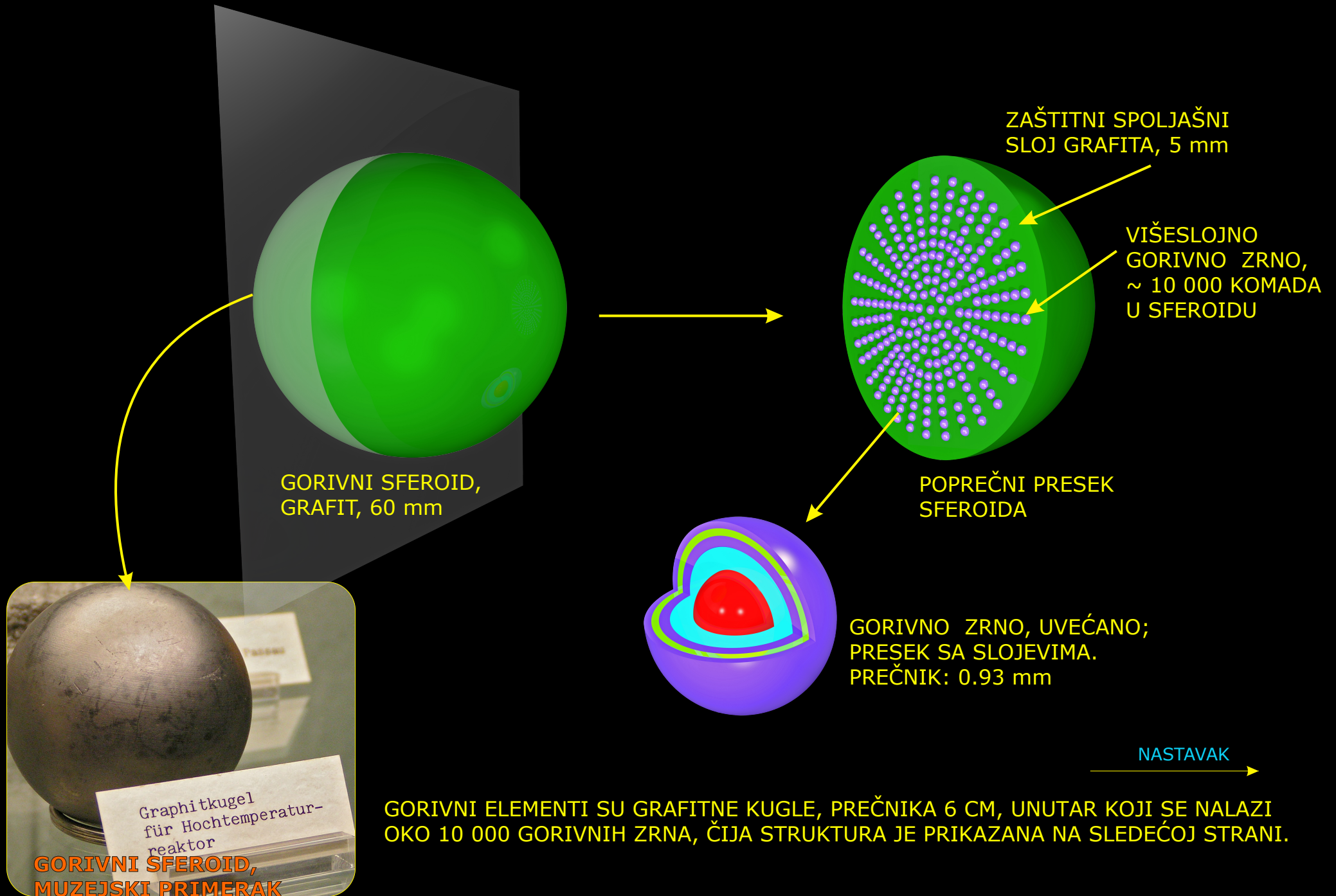


## HEMA NUKLEARNOG REAKTORA "PEBBLE BED"

KOD OVOG TIPA REAKTORA KONTRILISANA FISIJA SE IZVODI U GRAFITNIM KUGLAMA UNUTAR KOJIH SE NALAZI VELIKI BROJ GORIVNIH ELEMENATA. GORIVNI ELEMNTI SU ZRNA KOJA SE SASOJE OD FISIBILNOG URANA 235, U OBLIKU URANIJUM DIOKSIDA, (SLEDEĆA STRANA).



# HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - PRIMENA GRAFITA. GORIVNI ELEMENTI U NUKLEARNIM REAKTORIMA



# HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - PRIMENA GRAFITA. GORIVNI ELEMENTI U NUKLEARNIM REAKTORIMA

NASTAVAK

DETALJNI PRIKAZ GORIVNOG ZRNA SA FISIBILNIM URANIJUMOM, ( $^{235}\text{UO}_2$ ).

STRUKTURA ZRNA, KOJE SADRŽI OMOTAČ OD UGLJENIKA I SILICIJUM KARBIDA, DETALJNO JE PRIKAZANA NA DONJOJ SHEMI.



TRISO GORIVNO ZRNO, 0.93 mm.  
(DIGITALNO OBOJENA  
FOTOGRAFIJA)



TRISO GORIVNO ZRNO,  
SHEMATSKI PRIKAZ.

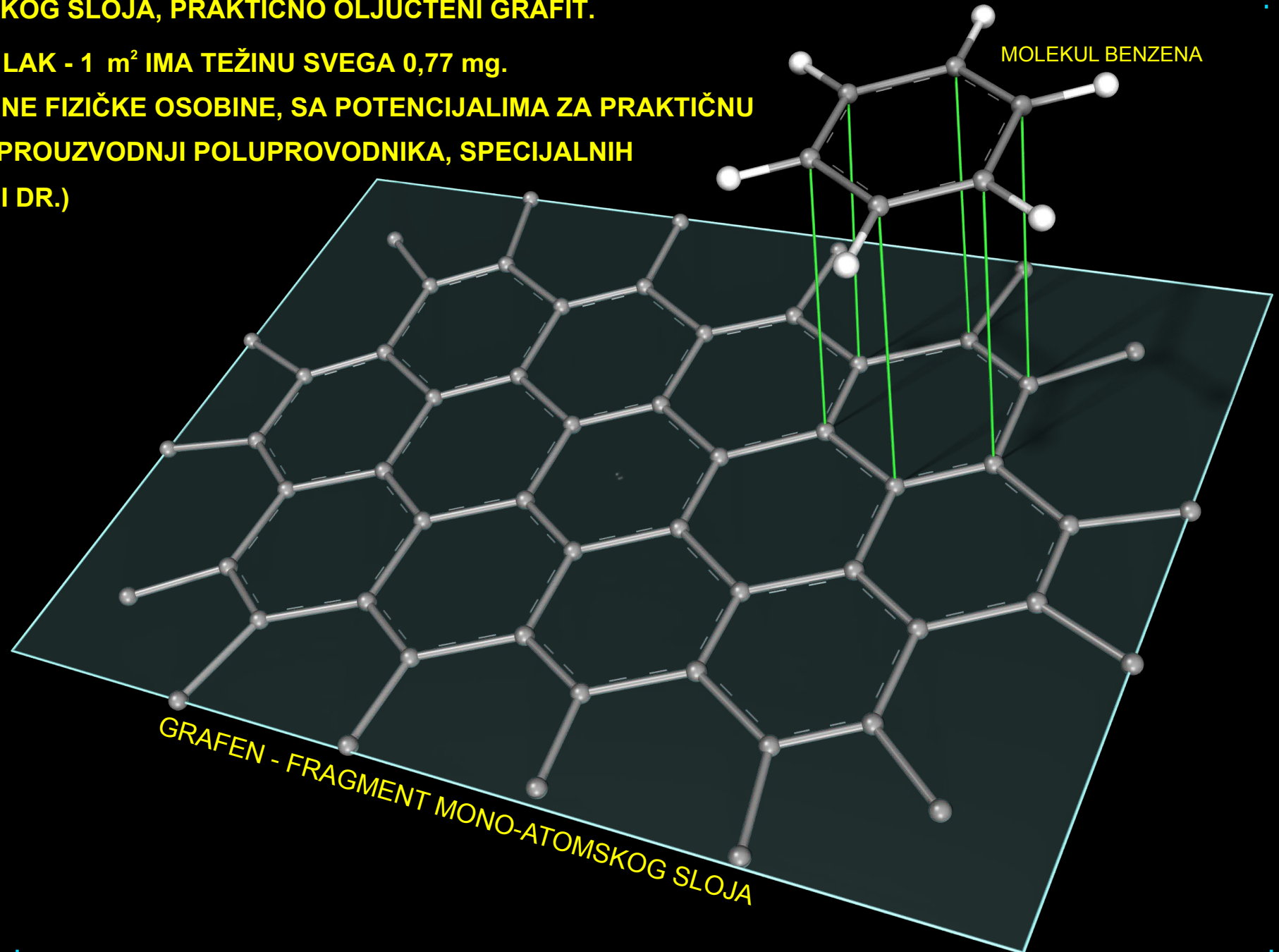
- GORIVNO JEZGRO ( $^{235}\text{UO}_2$ )
- SLOJ POROZNOG UGLJENIKA
- UNUTRAŠNJI SLOJ  
PIROLITIČKOG UGLJENIKA
- SILICIJUM KARBID
- SPOLJAŠNJI SLOJ  
PIROLITIČKOG UGLJENIKA

## HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFEN

GRAFEN JE OBLIK UGLJENIKA, SLIČAN GRAFITU, KOJI SE SASTOJI OD MONOATOMSKOG SLOJA, PRAKTIČNO OLJUČTENI GRAFIT.

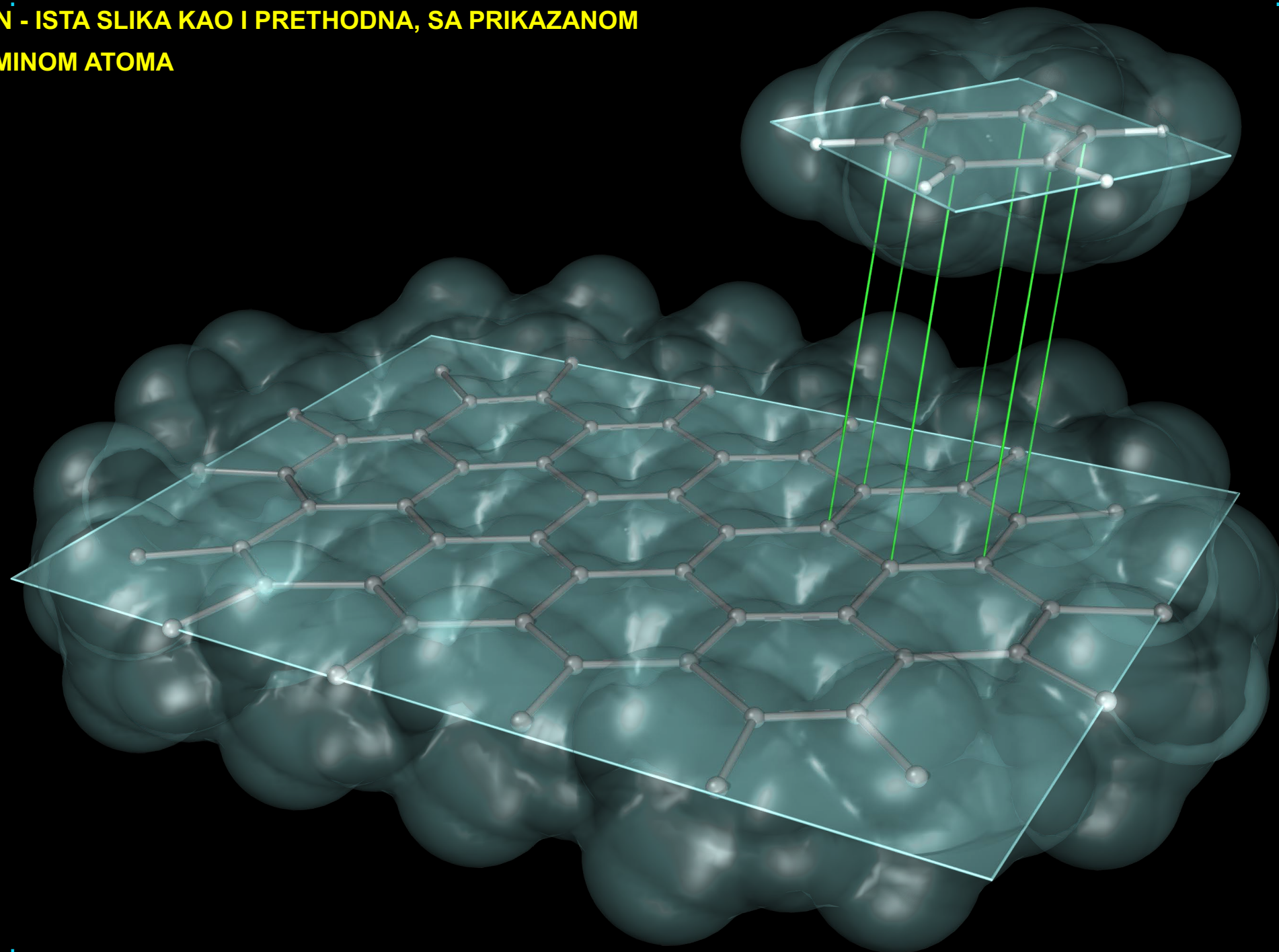
IZUZETNO JE LAK - 1 m<sup>2</sup> IMA TEŽINU SVEGA 0,77 mg.

IMA SPECIFIČNE FIZIČKE OSOBINE, SA POTENCIJALIMA ZA PRAKTIČNU PRIMENU, (U PROUZVODNJI POLUPROVODNIKA, SPECIJALNIH MATERIJALA I DR.)

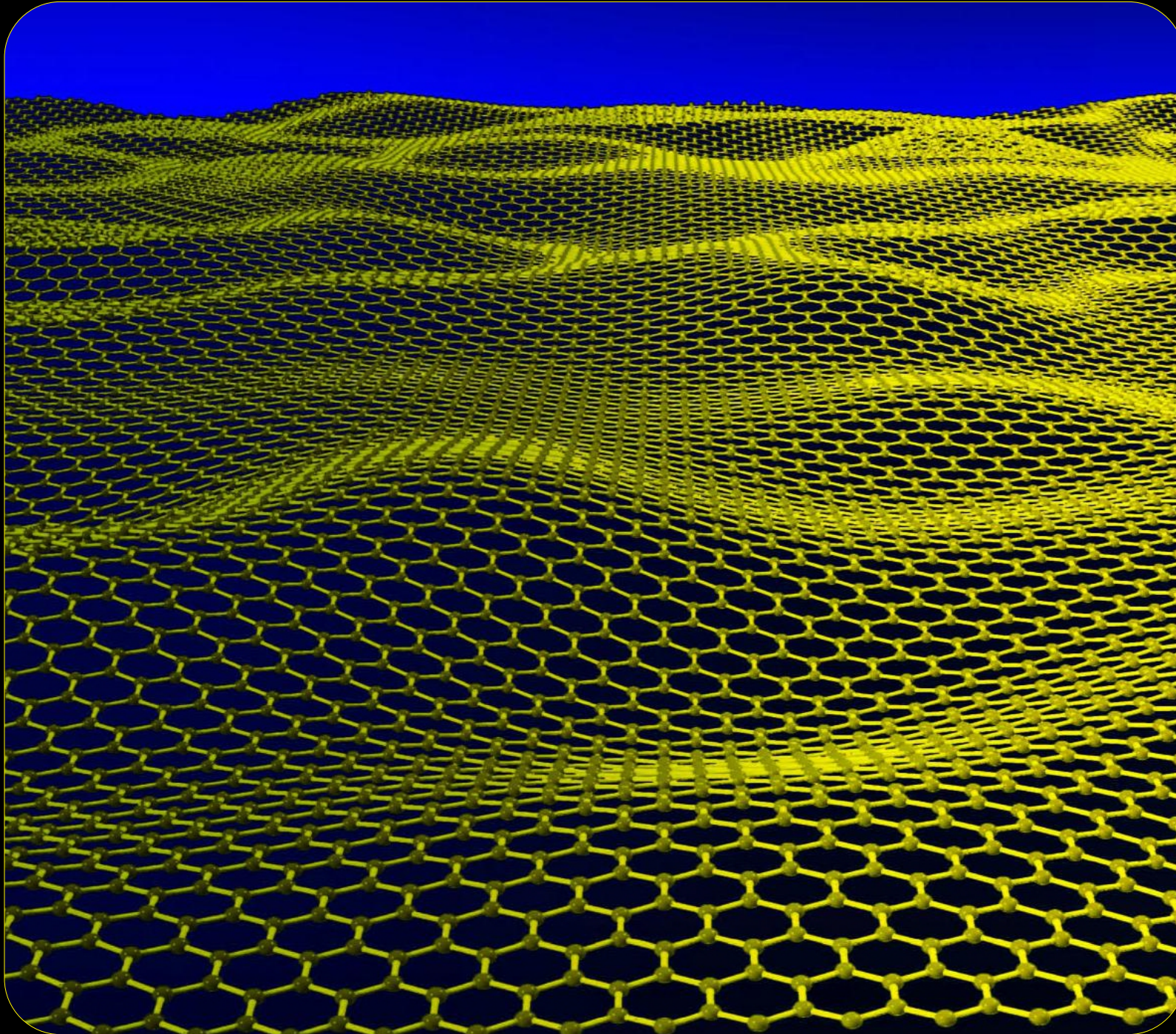


# HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFEN

GRAFEN - ISTA SLIKA KAO I PRETHODNA, SA PRIKAZANOM ZAPREMINOM ATOMA

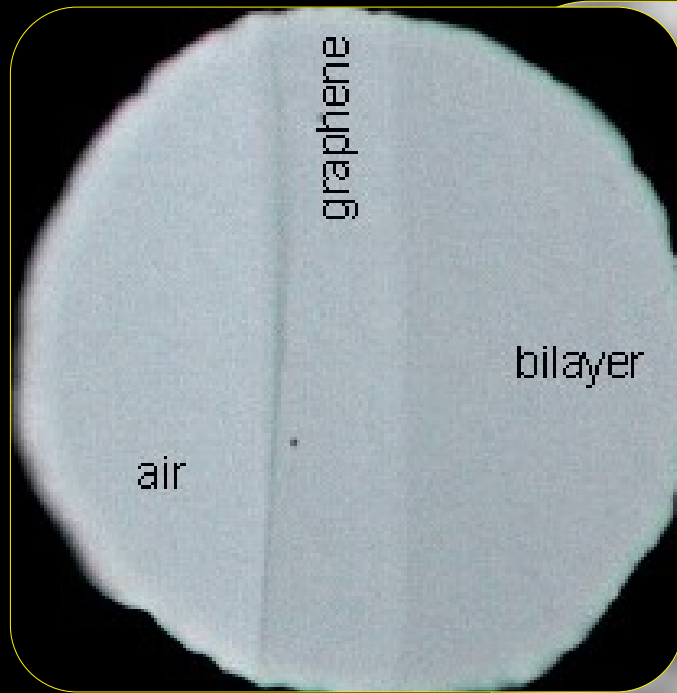


# HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFEN

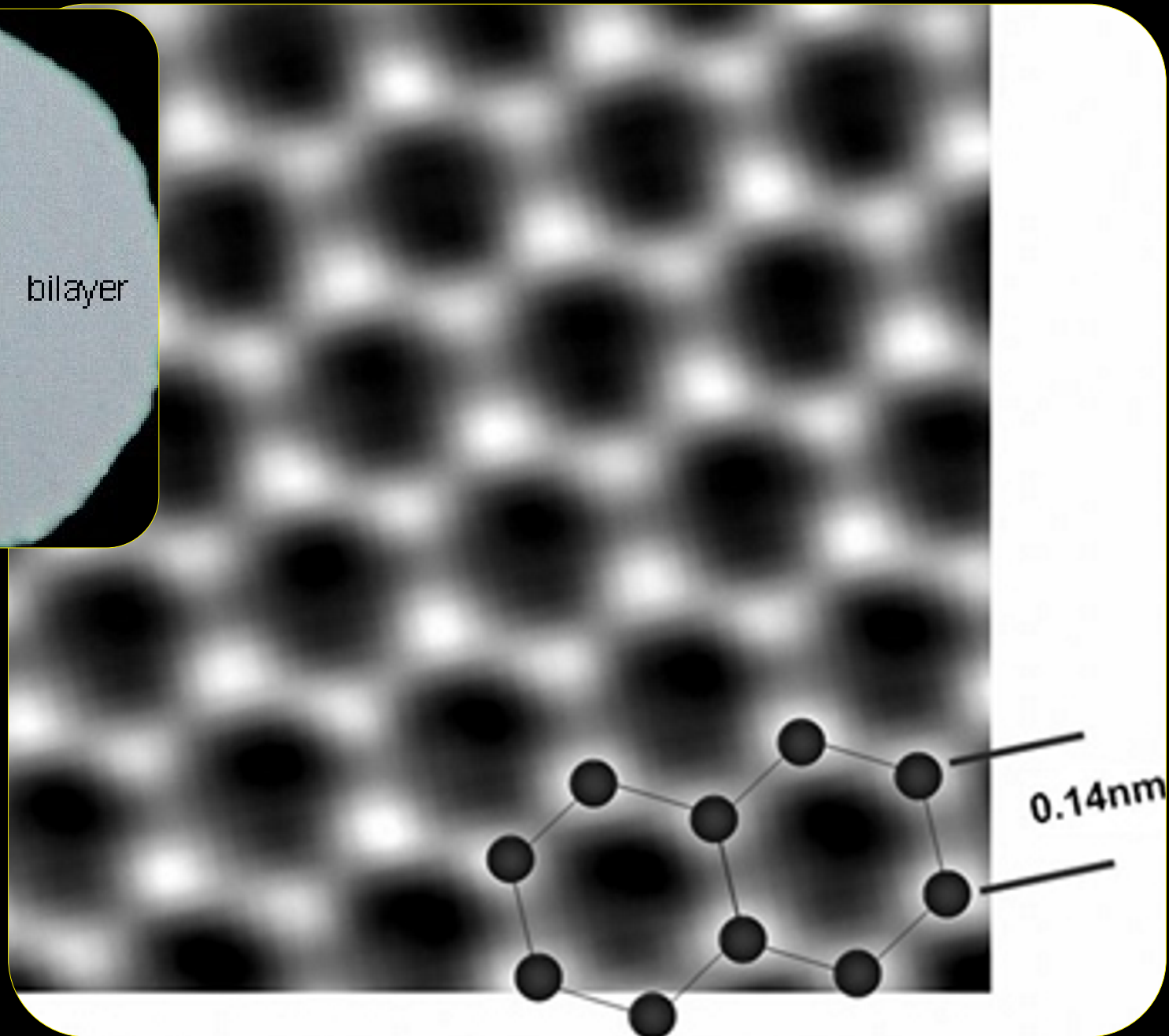


**GRAFEN -  
UMETNIČKI  
PRIKAZ**

## HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFEN

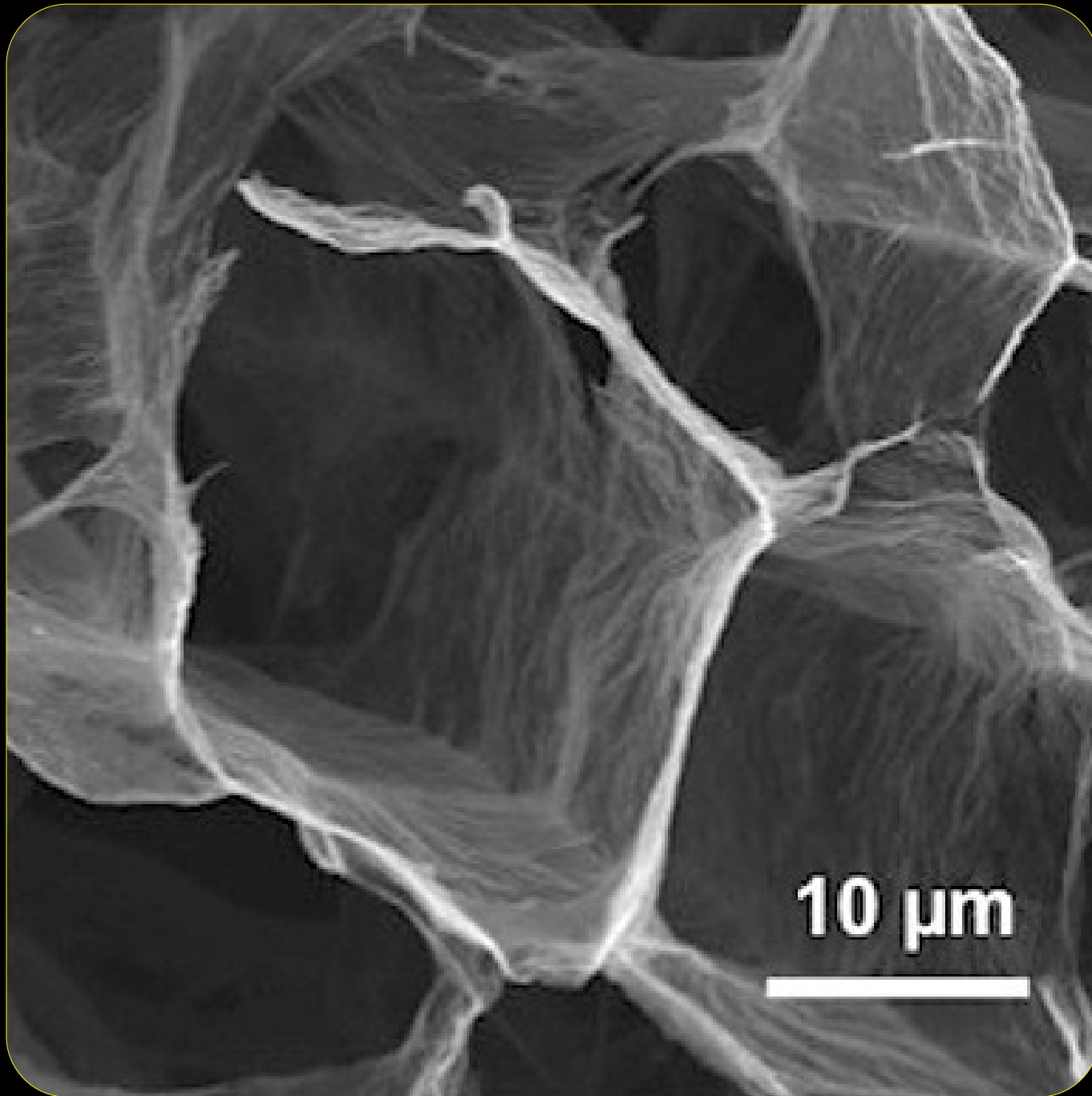


**SLOJ GRAFENA -  
MAKROSKOPSKI  
IZGLED**



EKPERIMENTALNO DOBIJENA FOTOGRAFIJA, GDE SU UOČAVAJU POJEDINAČNI C-ATOMI U MONOATOSKOM SLOJU GRAFENA. SLIKA JE DOBIJENA POMOĆU SKENIRAJUĆEG TUNELIRAJUĆEG MIKROSKOPA (Scanning tunneling microscope)

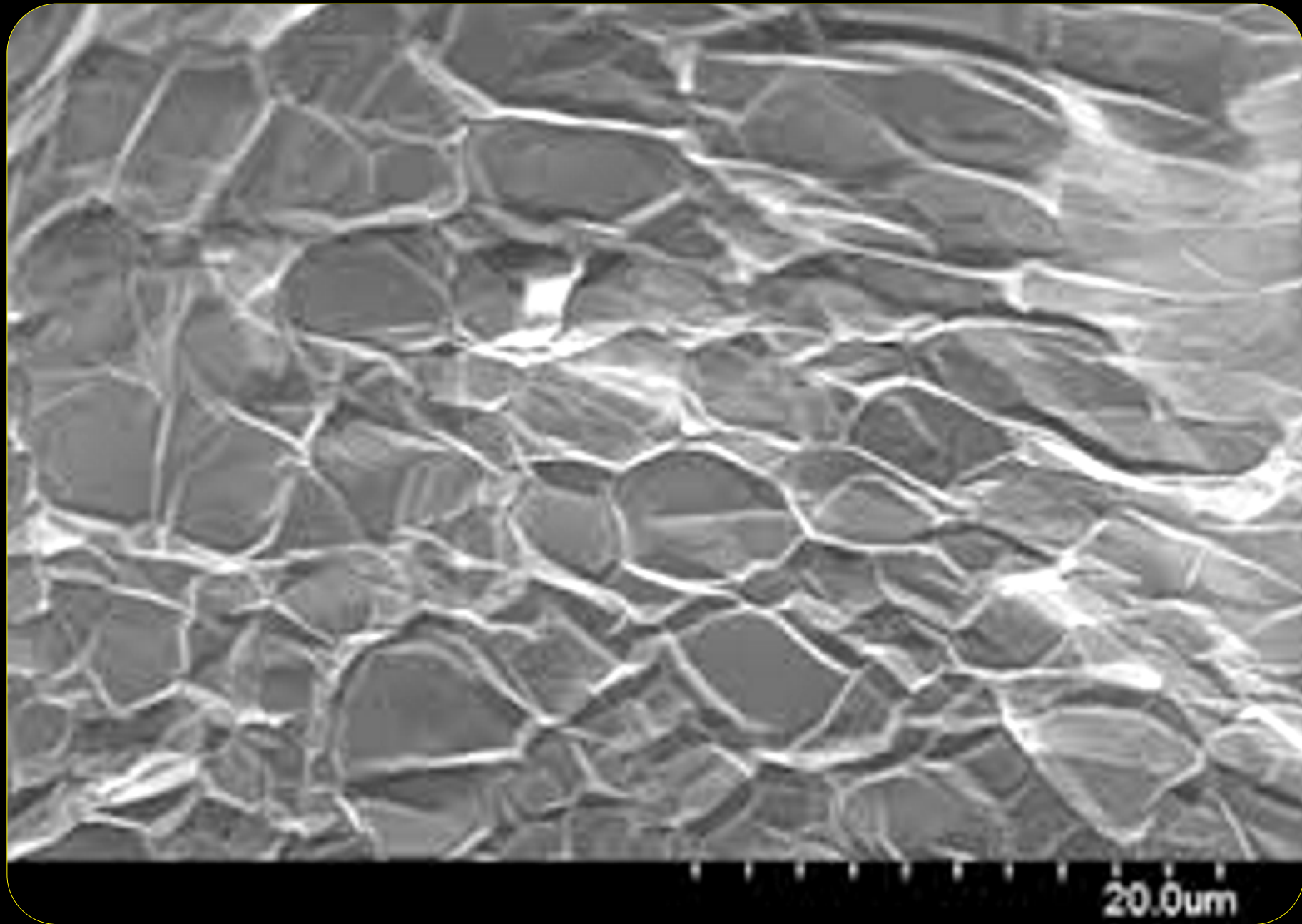
## HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFEN



GRAFENI MOGU DA SPONTANO FORMIRAJU SLOŽENE STRUKTURE KAO ŠTO SU CELULARNE FORME NA PRIKAZANOJ FOTOGRAFIJI, DOBIJENOJ SKENIRAJUĆIM ELEKTRONSKIM MIKROSKOPOM (SEM)

Autor: Ling Qiu

## HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFEN



NABRANA POVRŠINA GRAFENA; FOTOGRAFIJA JE DOBIJENA SKENIRAJUĆIM ELEKTRONSKIM MIKROSKOPOM (SEM)



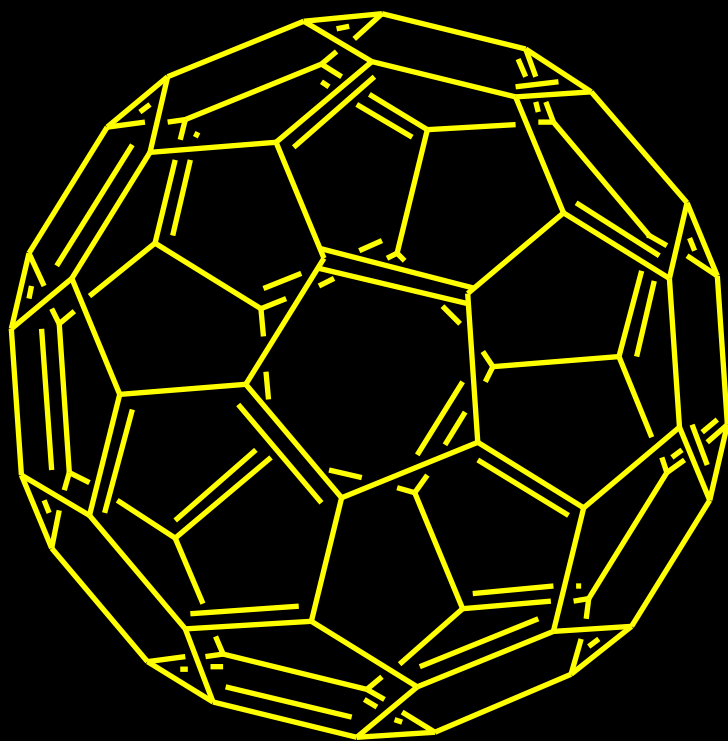
## HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - GRAFEN



ZA IZOLOVANJE I KARAKTERIZACIJU GRAFENA, AUTORI **ANDRE GEIM** I **KONSTANTIN NOVOSELOV**

(UNIVERSITY OF MANCHESTER) DOBILI SU NOBELOVU NAGRADU ZA FIZIKU 2010.

HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - FULERENI - ALOTROPSKA MODIFIKACIJA UGLJENIKA KOJA SE SASTOJI OD SFEROIDNIH MOLEKULA.

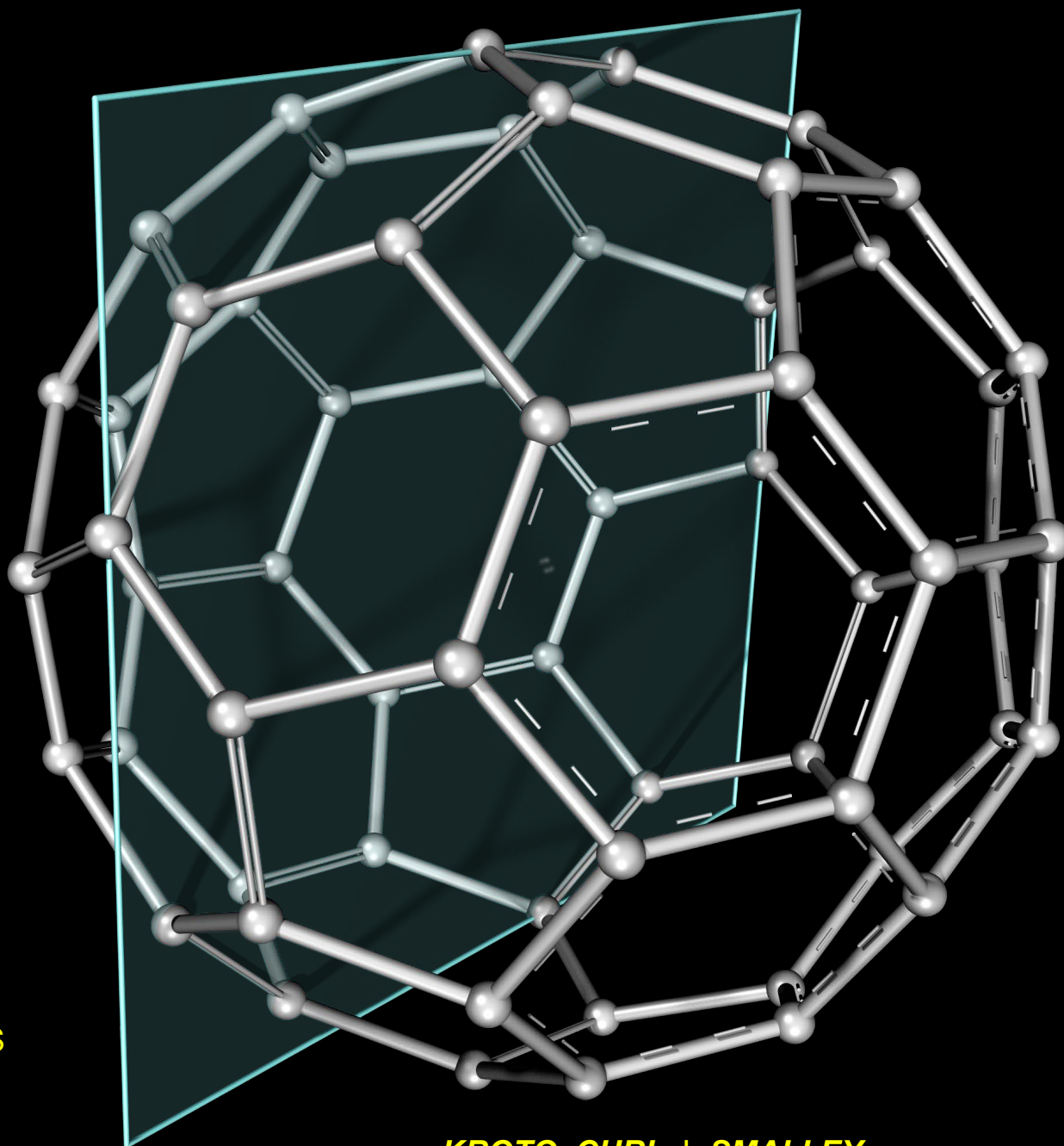


FULEREN (FULLERENE)

SA 60 C ATOMA

PRVI MOLEKUL FULERENA, SA 60 C ATOMA,  
SINTETIZOVAN JE 1985.

(RICHARD SMALLEY, ROBERT CURL, JAMES  
HEATH, SEAN O'BRIEN I HAROLD KROTO;  
RICE UNIVERSITY, USA).



**KROTO, CURL I SMALLEY -  
NOBELOVA NAGRADA ZA HEMIJU 1996.**



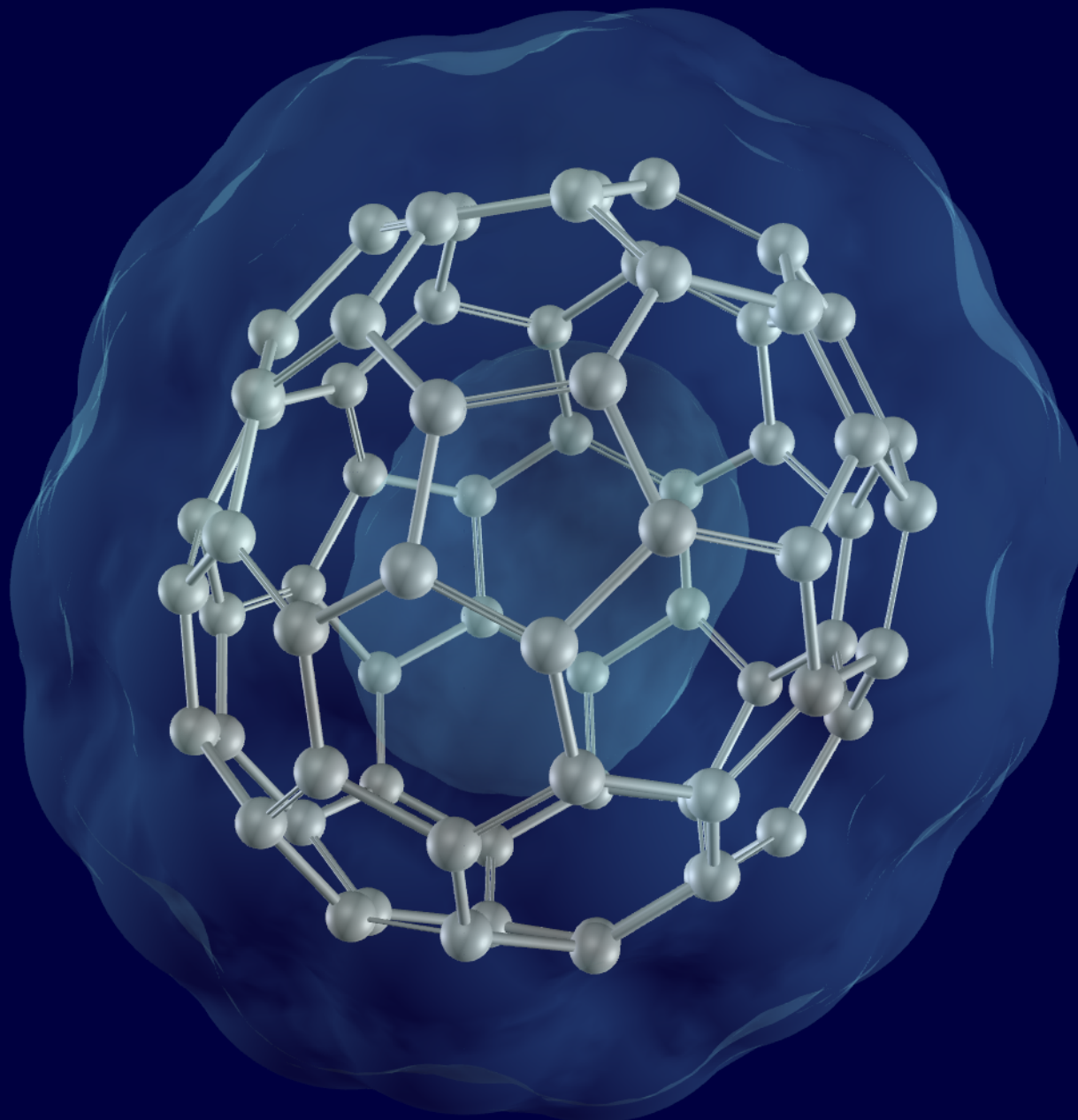
## FULEREN C70

PRIKAZAN JE AKTIVNI 3D

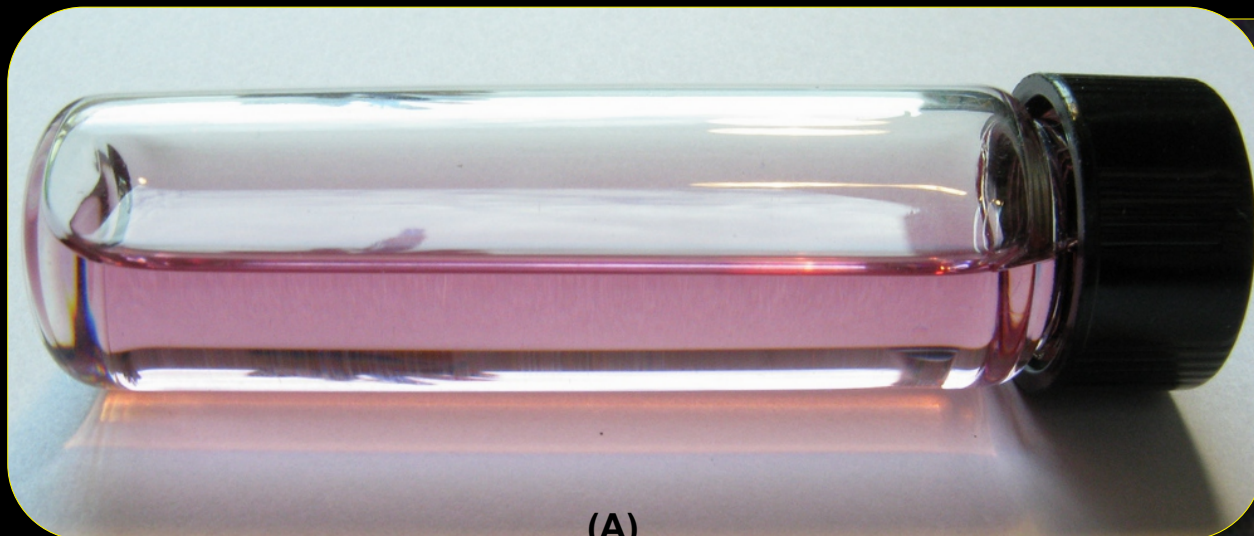
MOLEL SA ZAPREMINOM I  
GEOMETRIJOM MOLEKULA

POSTOJI VEĆI BROJ  
FULERENA, DEFINISAN BROJEM  
C ATOMA U MOLEKULU.  
POZNATI SU FULERENI C72-  
C90 (MOGU POSTOJATI  
ISKLUČIVO SA PARNIM  
BROJEM C ATOMA).

FULERENI SE INTENZIVNO  
ISTRAŽUJU I DERIVATIZUJU, A  
IMAJU POTENCIJALNE PRIMENE  
U MEDICINI, NOVIM  
MATERIJALIMA I DR.

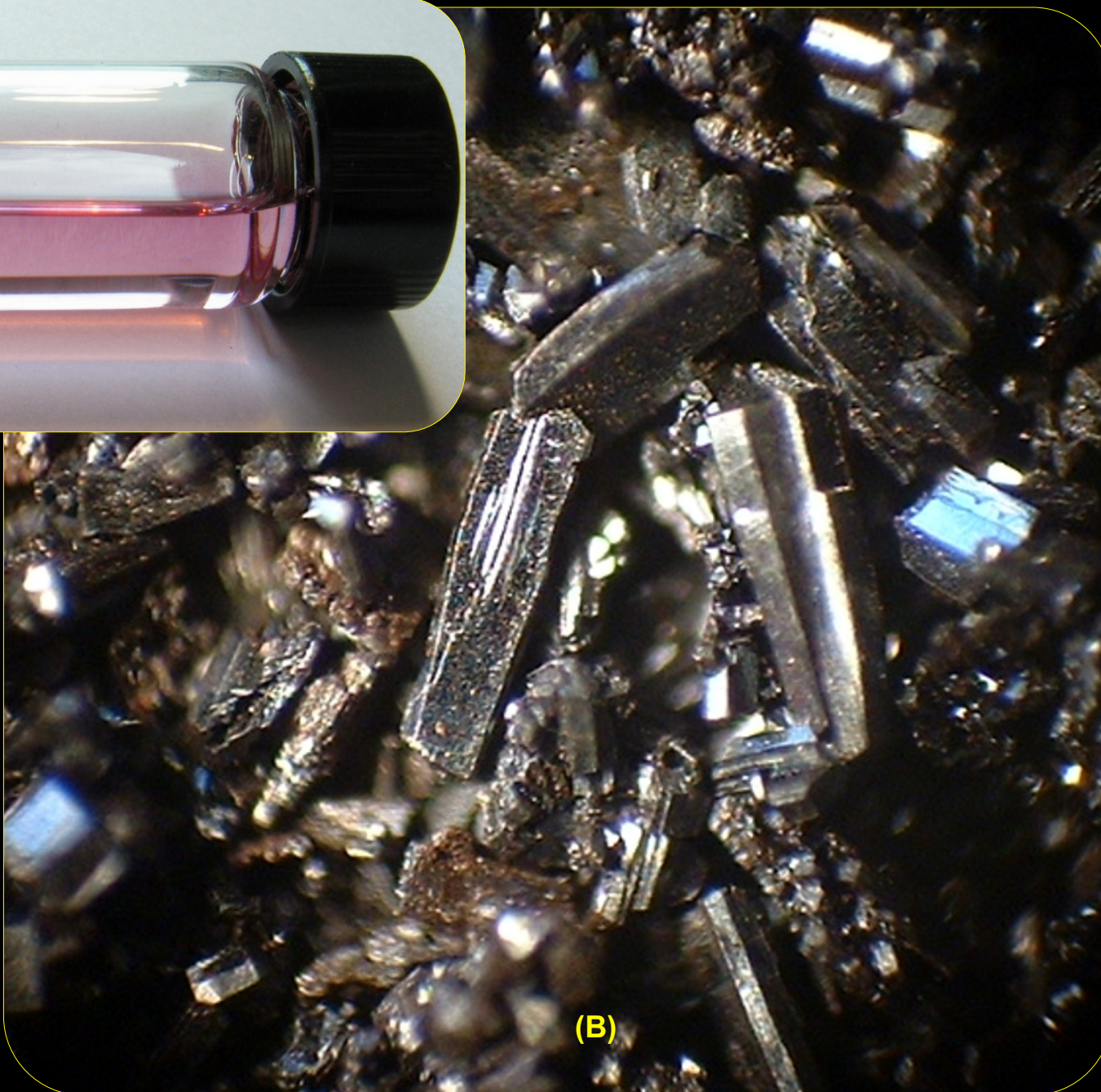


**HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - FULERENI - ALOTROPSKA MODIFIKACIJA UGLJENIKA  
KOJA SE SASTOJI OD SFEROIDNIH MOLEKULA.**



(A)

ZA RAZLIKU OD DIJAMANTA I  
GRAFITA, FULERENI SU RASTVORNI  
U POJEDINIM ORGANSKIM  
RASTVARAČIMA, A TAKOĐE MOGU I  
DA KRISTALIŠU. SLIKA A  
PRIKAZUJE FULEREN C<sub>60</sub> U  
RASTVORU MASLINOVOG ULJA, A  
SLIKA B U KRISTALNOM OBLIKU.  
PROIZVODNE CENE SU I DALJE  
VRLO VISOKE.

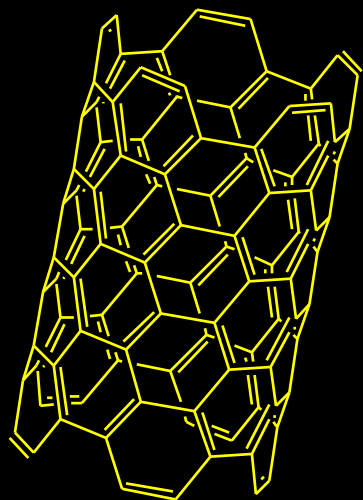


(B)

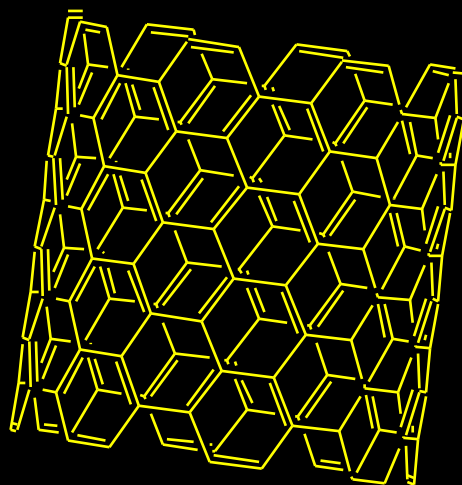
POSEBNU ALOTROPSKU MODIFIKACIJU UGLJENIKA ČINE RAZLIČITE STRUKTURE U OBLIKU CEVI, KOJE SE OZNAČAVAJU KAO NANO CEVI.

POSTOJI VELKI BROJ NANO CEVI RAZLIČITIH DIMENZIJA I DVE TIPIČNE GEOMETRIJE (NASLONJAČA I CIKCAK). U SVIM SLUČAJEVIMA SE SAS TOJE OD POLIKONDENZOVANIH BENZENOVIH PRSTENOVA.

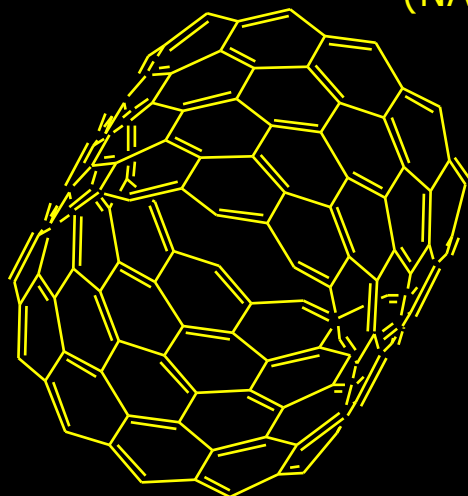
PRIMERI:



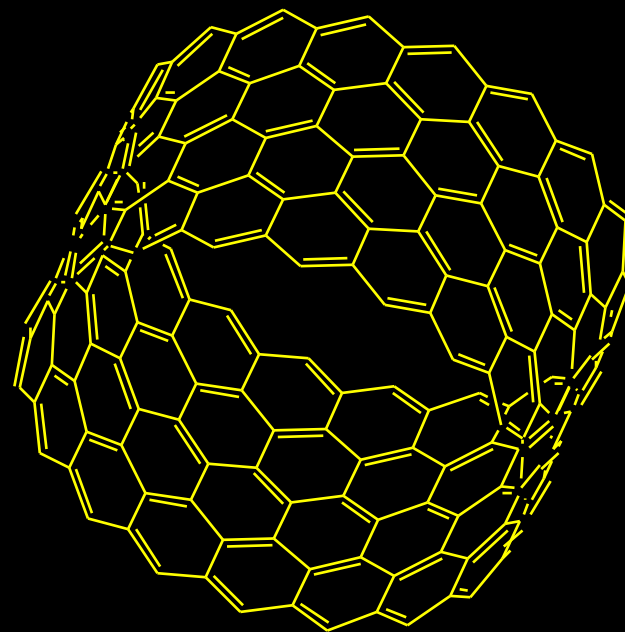
(5,5) Armchair  
(NASLONJAČA)



(8,8) Armchair  
(NASLONJAČA)



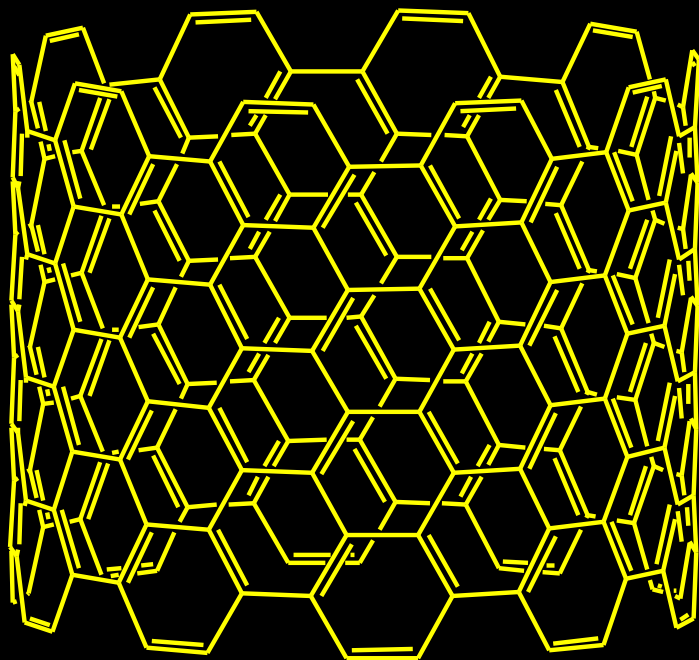
(12,0) Zigzag (CIKCAK)



(18,0) Zigzag (CIKCAK)



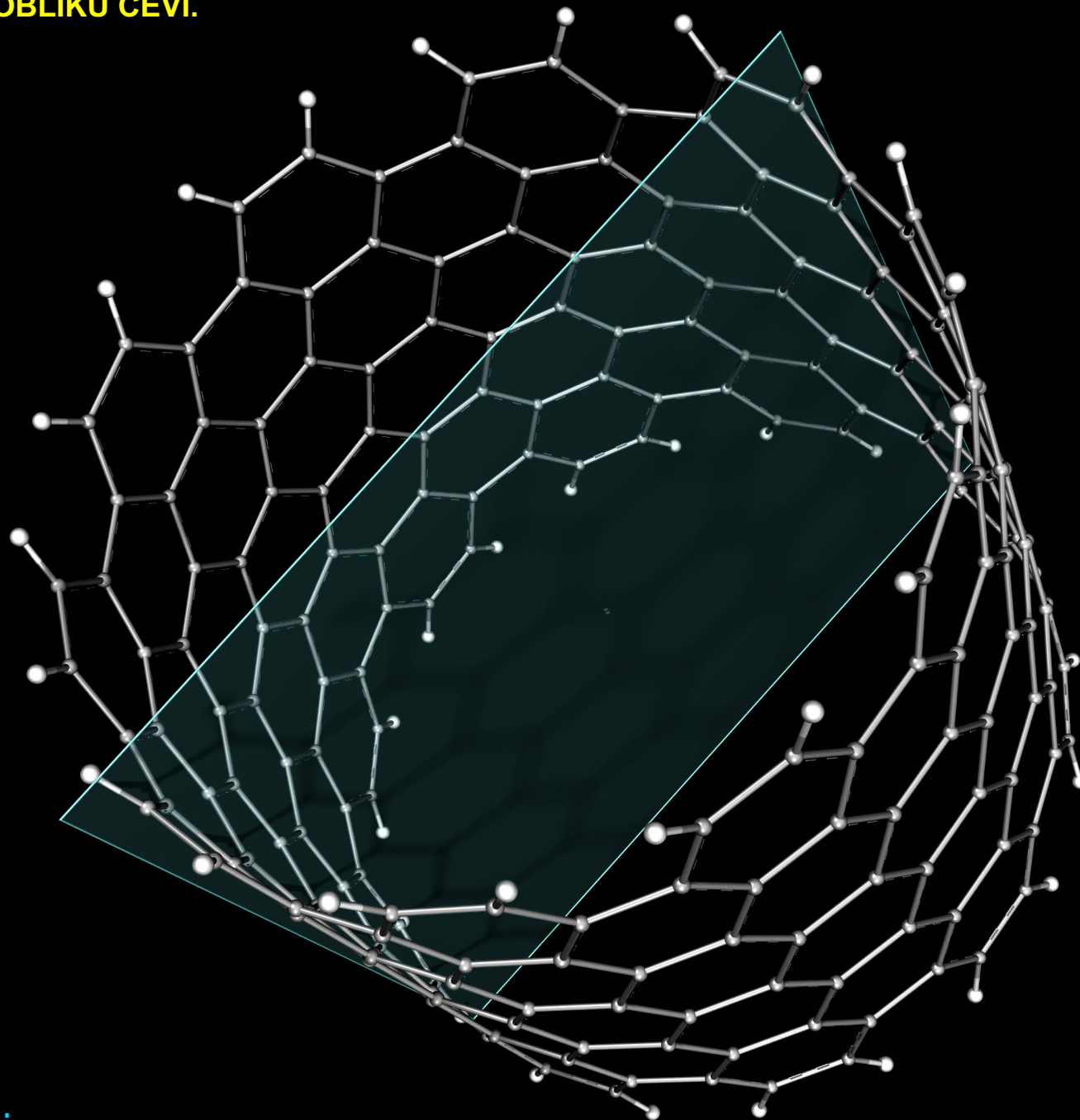
**HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - NANOCEVI - ALOTROPSKA MODIFIKACIJA UGLJENIKA KOJA SE SASTOJI OD RAZLIČITIH STRUKTURA U OBLIKU CEVI.**



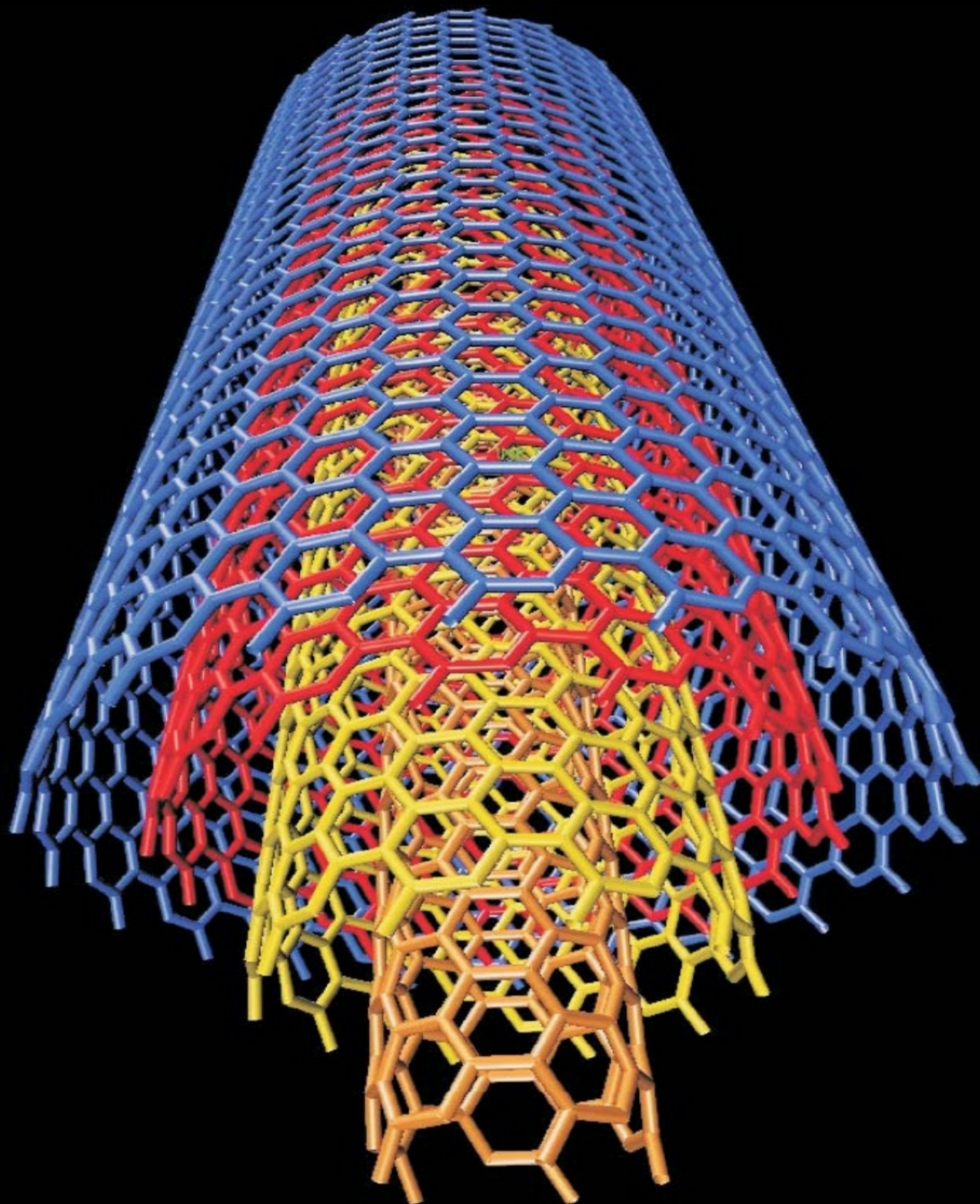
**VARIJANTA NANOCEVI (10,10),  
ARMCHAIR (NALONJAČA)**

**NANOCEVI IMAJU SPECIFIČNE OSOBINE I BROJNE POTENCIJALNE PRIMENE (KAO SPECIJALNI MATERIJALI, POLUPROVODNICI I DR.), ALI SE ZA SADA NIGDE NE KORISTE PRAKTIČNO.**

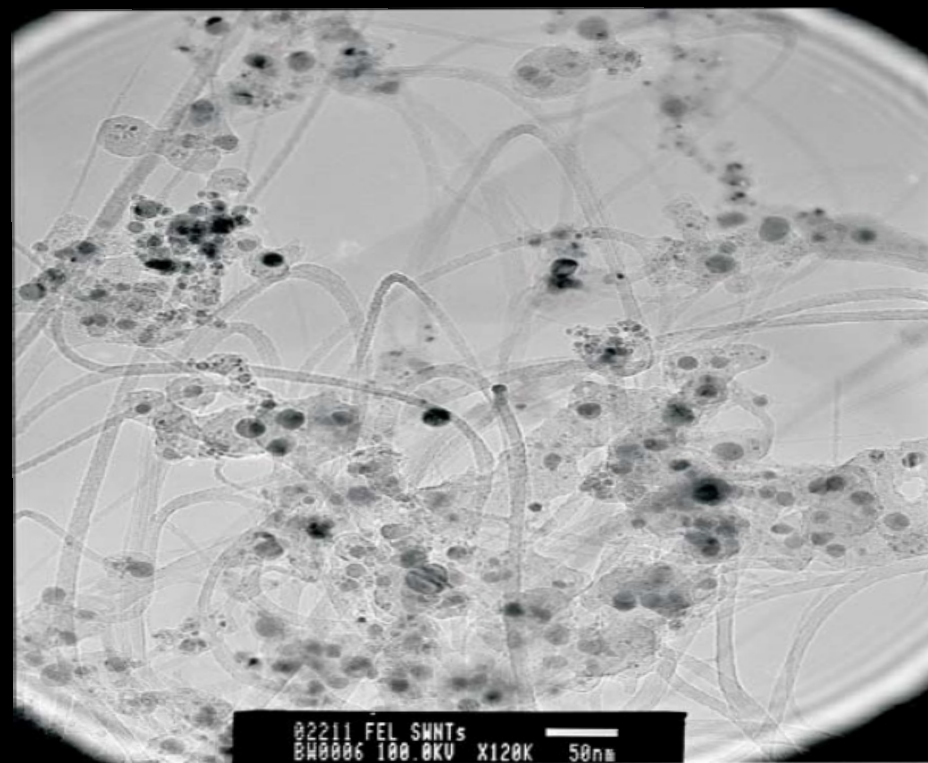
**ŠIROKO SE ISTRAŽUJU.**



## HEMIJA UGLJENIKOVIH JEDINJENJA - NANOCEVI -



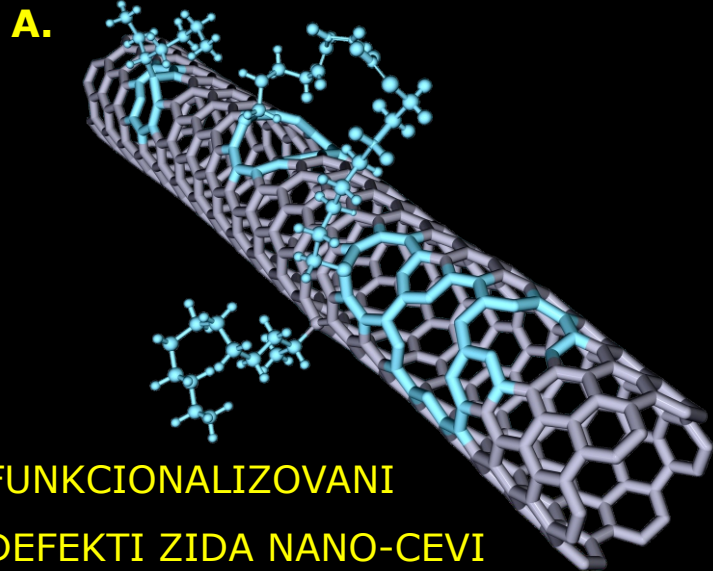
NANOCEVI JEDNA U DRUGOJ - UMETNIČKI PRIKAZ



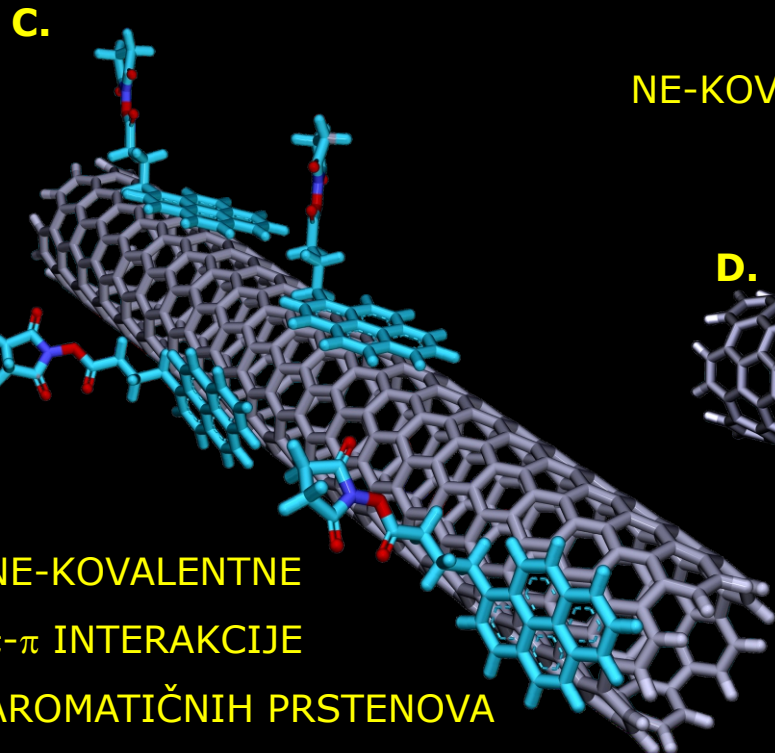
NANOCEVI -  
FOTOGRAFIJE  
DOBIJENE  
ELEKTRONSKIM  
MIKROSKOPOM  
(TEM).



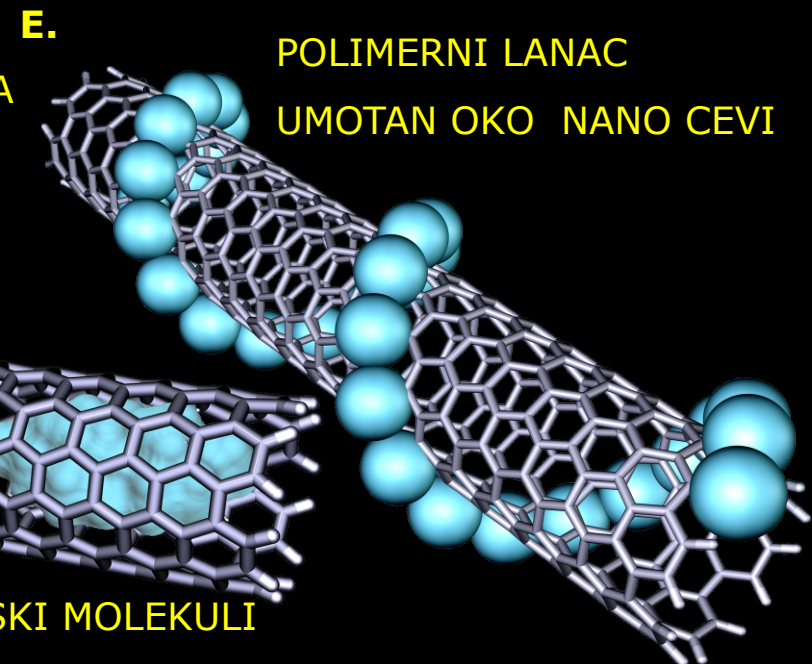
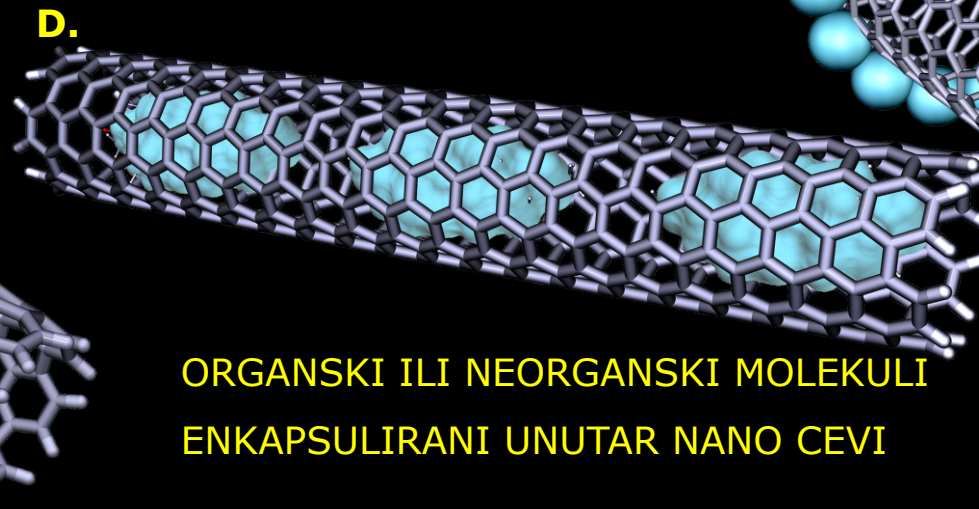
# KOVALENTNA FUNKCIONALIZACIJA



**FUNKCIONALIZACIJA  
NANO CEVI**

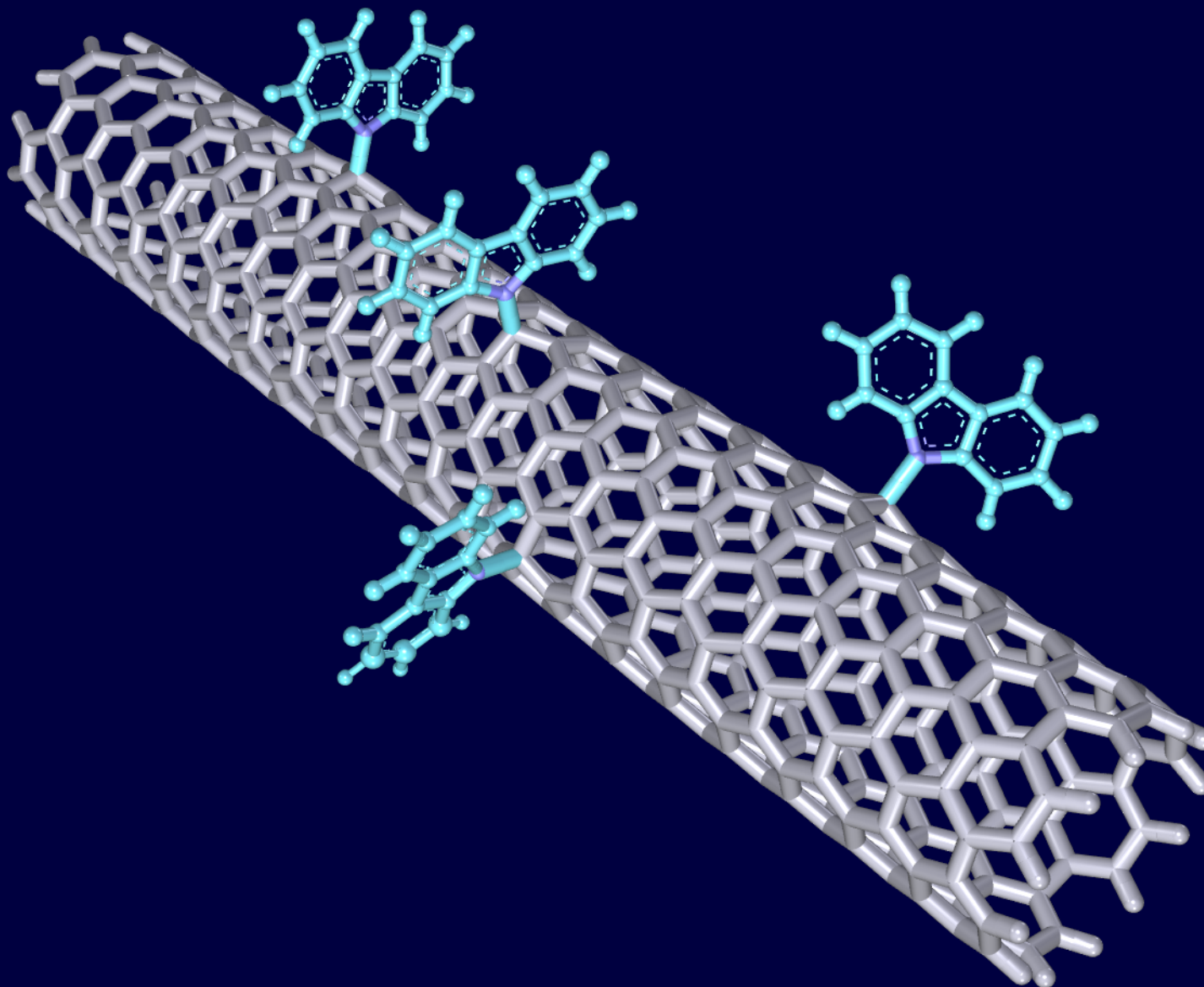


## NE-KOVALENTNA FUNKCIONALIZACIJA





PRIMER KOVALENTNE FUNKCIONALIZACIJE NANO CEVI: MOLEKULI SU KOVALNENTNO VEZANI  
ZA SPOLJAŠNJI ZID



PRIMER NE-KOVALENTNE FUNKCIONALIZACIJE NANO CEVI: AROMATIČNI PRSTENOVİ MOLEKULA SU  $\pi$ - $\pi$  INTERAKCIJAMA VEZANI ZA SPOLJAŠNJI ZID (TAKOĐE SASTAVLJEN OD AROMATIČNIH PRSTENOVA)

