

Na návštěvě v nanošperkařství

Jaké navrhuji řešení? Jako velice slibná se jim jeví prajednoduchá látka s vlastnostmi tak unikátními, že je lidé obdivují již po staletí – diamant. Ovšem pochopitelně v nano provedení.

Minerál s názvem diamant zná v podstatě každý. Jde o zvláštní formu (tzv. alotrop) uhlíku, v němž jsou atomy uspořádány tak, že kvůli jeho výsledným vlastnostem dámy omdlévají a muži se vraždí. Zmenšíme-li však **diamant** do velikostí s předponou **nano**, zapadne za horizont zájmu šperkařů a obchodníků. Kdo však zajásá, budou biologové a lékaři. 21. STOLETÍ se vypravilo zjistit podrobnosti do jedné z pražských laboratoří.

Stím, jak vlastně práce vědců s nanodiamanty vypadá a s jakými nástrahami se musejí vyrovnávat, se 21. STOLETÍ světil jeden z pracovníků týmu Syntetické nanochemie v pražských Dejvicích, Mgr. Jan Havlík. Tento student doktorského studia chemie na Přírodovědecké fakultě UK v Praze se svým vystoupením vysoce zabodoval v celostátním kole populárního soutěže Famelab. Získal nejen Cenu diváků, ale i Cenu Akademie věd za odborný přínos.

FOTO: MARIAN VACEK



Jan Havlík, který se spolu s dalšími členy týmu věnuje výzkumu nanodiamantů, letos výrazně zabodoval v soutěži Famelab.

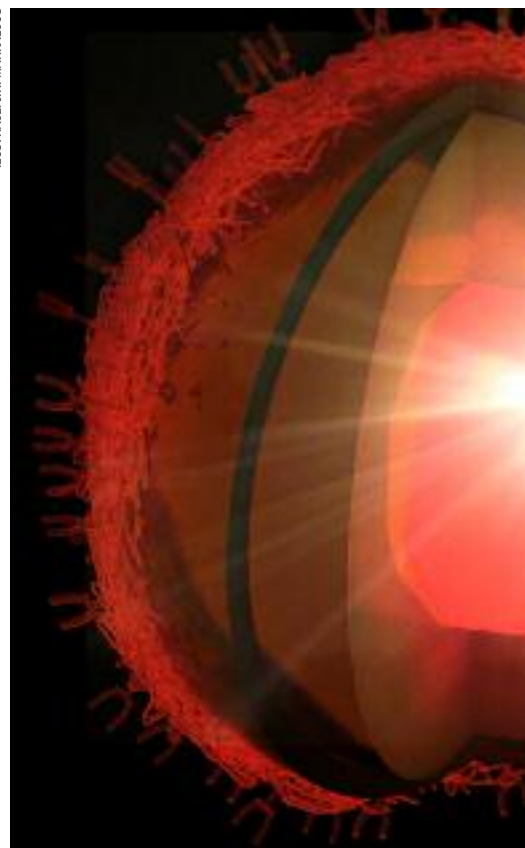
kud se na ni posvítí. Vybuzená molekula barvy pak světlo zpět vyzáří podobně jako třeba číslice na cifernících budíků, jen mnohem rychleji.

I BARVA SE MŮŽE VYSVÍTIT

Právě zde je zakopáno ono pověstné jádro pudla. Většina dnes běžně používaných barviv totiž podléhá procesu, jemuž se říká degradace světlem. Kvůli němu přestanou i ta nejlepší barviva po nějaké době o sobě dávat vědět a pozorované buňky začnou vypadat, jako kdyby v nich někdo zhasnul.

„Tento problém je zvláště palčivý právě u procesů probíhajících dlouho, jako je například dlouhodobé pozorování populací buněk,“ vysvětluje vedoucí týmu Syntetické nanochemie Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR v pražských Dejvicích, dr. Petr Cígler.

ILUSTRACE: JIŘÍ MARKLOUIS



■ Speciálně upravené nanodiamanty září díky pohlčení zeleného laserového světla.

JAK SE PODÍVAT DO BUŇKY?

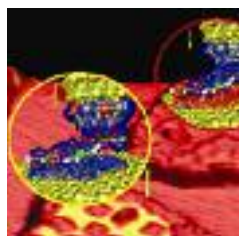
Představme si situaci, kdy potřebujeme pod některým z dnešních mikroskopů pozorovat důležité děje přímo v živých buňkách. Běžný člověk pochopitelně takový úkol neřeší, vědci bádající například v oblasti výzkumu rakoviny, kmenových buněk či regenerace tkání se s ním však potýkají prakticky každý den.

K jeho splnění mají v rukou spojence, který napomáhá s průzkumem těchto světů prakticky od pionýrských dob mikroskopování – barviva. Na nejrůznější struktury či dokonce jednotlivé molekuly uvnitř buněk je možné přivést „barvičku“, která nám hledanou strukturu prozradí. Abychom dokázali nahlédnout i do nitra živých buněk, je ideální, když barvička sama sebe prozradí vlastním typickým světlem, po-

BLIKAJÍCÍ KONKURENCE NANODIAMANTŮ

Jedním z nejzajímavějších produktů laboratoří nanoinženýrů jsou i drobné objekty, které nacházejí skvělé využití v nejrůznějších oblastech výzkumu v oblasti „hodně malého“: **kvantové tečky** (angl. *quantum dots*, na ilustraci).

Jsou to jakési „pasti na elektrony“ vyrobené z polovodičů. Takové tečky mají mimo jiné tu vlastnost, že **dokážou po nasvícení vydávat světlo**, přičemž jeho barva závisí na tom, jak je taková tečka veliká.



Pro „diamantové nanoinženýry“ jsou tedy specialisté na kvantové tečky přímou konkurencí. Nebo že by tomu tak nebylo?

„Pro použití v živých tělech nejsou kvantové

tečky příliš vhodné. V první řadě nesvítí stále, ale blikají,“ vysvětluje Jan Havlík. Z použití v živých tělech je však naprosto diskvalifikuje další jejich vlastnost. „Jsou totiž většinou vyrobeny ze sloučenin teluru či selenu s kadmíem. Tyto prvky jsou pro tělo velmi toxické a používání kvantových teček by nemuselo dopadnout dobře. Diamant je tvořen uhlíkem, takže tu podobné nebezpečí nehrozí,“ doplňuje další zásadní nevýhodu Havlík. ■

ILUSTRACE: TKM.KIT.EDU

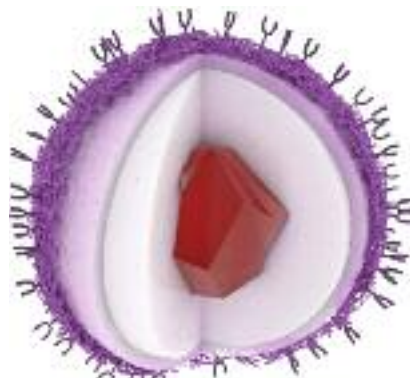
SVIT DIAMANTŮ JE VĚČNÝ

Vědci si nanodiamanty oblíbili z prakticky úplně stejného důvodu jako všichni ostatní lidé – láká je jejich odolnost a jedinečné optické vlastnosti.

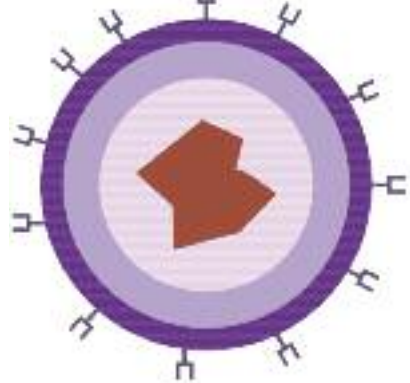
Upravené nanodiamanty jsou totiž zatím jedinou známou látkou, která se „nevsvítlí“, tedy nepodléhá světelné degradaci. Kromě toho také (na rozdíl od řady jiných látek) nenadělají v živém organismu žádnou paseku.



ILUSTRACE: JIRÍ MARŠKALOUS



■ Aby byl diamantek pro buňku atraktivní „svačinou“, je třeba jej náležitě chemicky nazdobit.

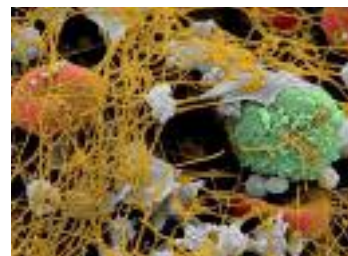


■ Ke správnému záření diamantů je třeba jejich úprava kombinací protonových svazků a žíhání v píce (zleva doprava).

FOTO: STANFORD.EDU

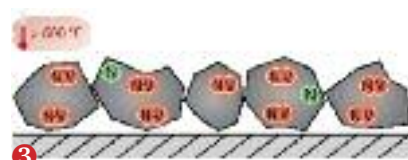
POHLED DO NITRA SRAŽENINY

Vytváření krevních sraženin je pro lidský organismus životně důležité. Bez nich by se totiž i obyčejné píchnutí do prstu mohlo stát smrtelným zraněním. O tom, jak tvorba takových sraženin probíhá na biochemické úrovni, vědí vědci již poměrně dost.



V poslední době se však ukazuje, že to stále nestačí. Co vědcům stále uniká mezi prsty, je trojrozměrná struktura sraženiny.

„Taková struktura vzniká poměrně dlouho, takže běžná luminiscenční barviva nejsou pro její pozorování ideální. Právě v této oblasti vidíme jednu z možností uplatnění našich nanodiamantů,“ popisuje rozjíždějící se výzkum Petr Cíglér. ■



SCHEMA: VLADIMÍRA PETRÁKOVÁ

Stačí tedy vzít špetku nanodiamantů a „osvítit“ si s nimi vnitřek buněk? Samozřejmě že ne! K tomu, aby byly diamanty schopny plnit úkoly, které jim vědci svěří, je třeba ještě řádný kus práce fyziků i chemiků.

DIAMANTY Z VÝBUCHŮ I PECÍ

Na počátku procesu je jako vždy surový diamant. Ten se pochopitelně nenachází v přírodě, ale vyrábí. Pro účely „nanošperkařů“ je v zásadě možné použít způsoby dva, jejichž výsledky se od sebe drobně, ale důležitě liší.

První z nich je metoda vyvinutá v Rusku, která využívá pro vznik diamantů sílu exploze. Uhlík se proloží vrstvami TNT, který

se následně nechá detonovat. Energie exploze pak vytvoří řadu diamantových krystalků menší velikosti, v průměru okolo 10 nm. Takto vzniklým nanodiamantům se poté přezdívá „detonační“.

Druhou metodou je metoda vysokých tlaků a teplot (HPHT, z angl. *high pressure, high temperature*), jejímž produktem jsou krystalky různé velikosti. Ty větší se využívají například jako ultrajemný brusný materiál, ty menší se jako „odpad“ výhodně prodá-

vat stabilnější formy uhlíku – grafitu čili tuhy. Tomuto surovému materiálu se proto záhy dostává lázně v silných kyselinách, až se povrch do značné míry vyčistí.

I po těchto úpravách se však stále jedná o výchozí surovinu, s níž musejí vědci dále pracovat. Proč? „Naším úkolem je naučit diamanty svítit. A to v ideálním případě tak, aby se podařilo »přesvítit« přirozenou fluorescenci buněk,“ vytyčuje další směr Havlík.

jí právě do nejrůznějších výzkumných laboratoří včetně té v pražských Dejvicích.

„Kvůli chemickým a fyzikálním vlastnostem pracujeme v naší laboratoři pouze s diamanty, které vznikly touto cestou. Jejich velikost se pohybuje mezi 20–100 nm,“ vysvětluje Jan Havlík.

ODBARVIT A ROZSVÍTIT!

Když surové diamantky dorazí od dodavatelské firmy, čeká je ještě před započítím vlastní vědecké práce řada úprav. Dodaný prášek bývá černý – to proto, že se na povrchu diamantů snadno vytváří vrstvička ješ-

Ale jak toho dosáhnout? Situace není beznadějná, existují totiž stále skryté rezervy. K jejich využití je však třeba mít již pořádnou dávku znalostí o vnitřní struktuře látek a také pořádnou dávku trpělivosti při zkoušení nejrůznějších variant vylepšování výrobních postupů. Cílem vědců je totiž vytvořit uvnitř diamantů tzv. NV centra, která jsou právě onou „zázračnou“ příměsí, jež jim zajišťuje jejich úžasnou schopnost záření.

NA NANODIAMANTY S PROTONOVÝM DĚLEM

Co tato zkratka znamená? Písmeno N zastupuje prvek dusík (*nitrogen*), který se v nanodiamantech vyskytuje jako příměs. V (z an-





■ Na povrchu nanodiamantů vzniká při jejich výrobě tuha. K jejímu odstranění je třeba směsi kyselin.

gl. vacancy) pak zastupuje mezeru v krystalové mřížce, která vzniká nepřítomností jednoho uhlíkového atomu. K tomu, aby tato jedinečná příměs vznikla, je třeba spolupráce dvou vědeckých týmů.

„S tvorbou těchto děr nám pomáhá tým Ing. Jan Štursý z Ústavu jaderné fyziky v Řeži u Prahy. Nanodiamanty jsou v přístroji zvaném cyklotron ozařovány proudem protonů,“ popisuje tuto spíše fyzikální část nanovýzkumu Jan Havlík.

Ta druhá se už odehrává v píccce laboratoře chemiků. „Klíč je v tom, abychom zahrá-

chom se dostali ještě o řád výše, získali bychom již zcela univerzálně použitelné barvivo,“ přibližuje současný stav výzkumu Havlík.

MASKOVÁNÍ PRO DRAHOCENNÝ NÁKLAD

V tomto bodě však práce v chemické laboratoři stále spíše začíná než končí. Chemici, či v tomto případě řekněme již nanoarchitekti, stojí před dalším důležitým úkolem. Jejich diamantové nanočástice totiž tělu přilíší „nechutnají“. Proč?

V první řadě proto, že jsou pro tělo cizorodé, a proto na ně začnou rychle útočit buňky imunitního systému. Buď tím, že do krve

Ani tím však problémy nekončí. Je totiž třeba zařídít, aby buňce diamant „chutnal“ natolik, že nebude váhat s jeho požitím.

JAK SE DĚLÁ NANODORT?

Diamantové nanočástice mají totiž nepravidelný tvar, asi tak jako běžný šterk, s nímž se setkáme na cestách. Při jejich zakulacování si nanoarchitekti počínají spíše jako zkušení cukráři. První podkladovou vrstvou na povrchu diamantu bývá silikagel, tedy prostý hydratovaný oxid křemičitý. Druhou vrstvou, která obalí částici měkkým gelovým polštářem, pak bývá speciální polymer zvaný HPMA, objev českých chemiků z Ústavu makromolekulární chemie AV ČR.



■ Takto zná diamanty asi každý z nás. K tomu, aby vynikly jeho jedinečné optické vlastnosti, je však třeba zásahu kvalifikovaných brusičů.

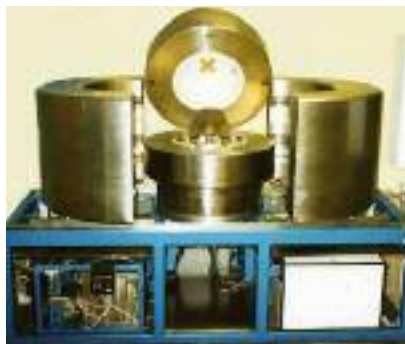
vyloučí látky, které částici obalí, nebo tím, že ji buněčné popelnice (specializované bílé krvinky odborně zvané makrofágy) pohltnou a odvezou na bezpečnější místo (např. do sleziny).

Abyste by nanodiamanty v živých tělech skutečně tak efektivní, jak vědci zamýšlejí, musejí jim připravit více či méně slušivý „kábátek“. Díky němu se nanočástice nejprve „přestrojí“ tak, aby na ně byla imunitní armáda těla krátká.

Co by to ale bylo za pořádný dort bez polevy a šlehačky? Tu obstarají nejrůznější látky (proteiny, DNA atd), které se dají na povrch snadno navázat pomocí velmi rychlé a efektivní chemické reakce, tzv. „click chemie“. Takto nazdobený „dort“ je nakonec pro buňku natolik atraktivní, že neodolá a slupne jej. A zářící diamant je tam, kde má být. Jednoduché, ale složité zároveň, nemyslíte? ■

MICHAL ANDRLE

FOTO: NANOTOOLS



■ Pražští vědci využívají pro svou práci nanodiamanty vzniklé metodou vysokých tlaků a teplot.

li diamanty na správnou teplotu po správnou čas. Díky optimalizaci tohoto postupu se nám zatím podařilo navýšit jejich schopnosti proti původnímu stavu asi o jeden řád. Kdyby-

FOTO: JOE BUDD PHOTOGRAPHY/ARKESTONE

FOTO: JIGEMS.COM

ILUSTRACE: WWW.CAS.CZ

HLÍDEJTE SI SVÉ DIAMANTY. HOŘÍ!

Experiment, který v roce 1694 provedl italský přírodovědec Giuseppe Averani (1662–1738, na ilustraci) na dvoře toskánského velkovévody Cosima III. (1670–1723), vstoupil do dějin jako jeden z nejdražších experimentů všech dob. Tedy přinejmenším nejdražších ve své době.



K pokusům, během nichž byly soustředěny sluneční paprsky do jednoho bodu velkou lupou, totiž nezískal od velkovévody nic menšího než několik diamantů.

S touto „hrátkou“ si nezačal náhodně. Již několik let před ním vyslovil myšlenku o hořlavosti diamantů sir Isaac Newton

(1643–1727). V roce 1771 podobným způsobem vypařil diamant v peci francouzský chemik Pierre Macquer (1718–1784). Ten jako první pozoroval, že diamant se ve skutečnosti nevypařil, ale shořel nenápadným červeným plamenem.

Tento experiment byl brzy zapakován a vylepšen francouzským chemikem Antoinem Lavoisierem (1743–1797), který zjistil, že při spalování diamant-



tu (u dřevěného uhlí) v kyslíkové atmosféře vzniká oxid uhlíčitý. ■