

Nanoroboti sami nedokážou skoro nic, je to jen kus hmoty, kovu nebo polymeru, složený s atomovou přesností na velikost desítek a stovek nanometrů až mikrometrů. Tahle **nanoříše ale skýtá obrovský potenciál v odvětvích, jako jsou výpočetní technika, textilní průmysl či medicína.**

lečnosti Univerzity Karlovy, Mgr. **Oto-
mar Sláma.**

PROJEKT S BUDOUČNOSTÍ

CUIP společně s i&i Prague, biotechnologickým inkubátorem Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR, připravuje vznik LAM-X od roku 2018. Spin-off umožní efektivnější využití technologie, která se tak stane dostupnější pro průmyslovým partnerům, výrobcům a distributorům. „Tento projekt mě osobně zaujal už před několika lety, kdy jsem

mi naprosto vyčítal svou nápaditost i dosaženými výsledky. Nebyl jsem ale sám, protože evidujeme už některé potenciální zájemce ze strany výrobců lékařských prostředků,“ shrnuje dr. **Jaromír Zahradka**, jednatel i&i Prague. Podle vedoucího výzkumného týmu LAM-X, doc. **Jiřího Mosingera**, je hlavní výhodou této technologie to, že specifické vlastnosti těchto fotoaktivních materiálů umožňují vysoce efektivní eliminaci široké škály patogenů, jako jsou bakterie a viry. Potenciální využití pak vědci vidí v oblastech medicíny a sterilizace.

ÚSPĚŠNÁ STUDIE

Účinnost LAM-X technologie byla potvr-

zena v klinické studii, zaměřené na léčbu bérkových vředů. Proto je také prioritním produktem ve vývoji nanomembrána, sloužící jako ochrana před sekundárními infekcemi otevřených ran. Singletový kyslík, produkovaný membránou po aktivaci viditelným světlem, je natolik efektivní, že zde nehrozí vznik antimikrobiální obrany. Společnost LAM-X tak reaguje na celosvětovou hrozbu stále rostoucí rezistence vůči antibiotikům. Nová technologie může být využita nejen v medicínském sektoru, ale také pro výrobu obalových materiálů a filtračních systémů.

SPECIÁLNÍ POVRCHY Z NANOSTRUKTUR

To, že patří Česká republika z hlediska vývoje moderních nanotechnologií ke

Nanověk přichází...

Proč je Česko velmocí?

Nanotechnologie je věda, do které je z hlediska budoucnosti vkládáno skutečně nejvíce nadějí. Česko, jakožto poměrně malý stát v „srdci“ Evropy, však už po mnoho let patří ke světovým špičkám v aplikacích nanotechnologií v průmyslu, strojírenství, medicíně... Dokonce díky nanovláknům vznikly v ČR doopravdy unikátní produkty.

NANOTKANINY VYUŽITELNÉ V MEDICÍNĚ

Univerzita Karlova a Akademie věd ČR spojily své síly prostřednictvím společností Charles University Innovations Prague a i&i Prague a na počátku roku 2020 založily akademický technologický spin-off LAM-X, který se zaměřil na vývoj nanomateriálů, jež mohou být využity například pro výrobu lékařských „obvazů budoucnosti“. Název LAM-X (Light Activated Materials) víceméně odkrývá cíl společnosti, jež vznikla na půdě Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Je jím vývoj světlem aktivovaných antimikrobiálních materiálů na bázi nanovláken a nanočástic, které se vyznačují schopností aktivní obrany proti široké škále patogenů. „Založením LAM-X chceme dynamizovat a maximálně podpořit tým doc. Mosingera, který přichází s materiálem schopným způsobit revoluci v ošetřování a hojení ran,“ říká ředitel Charles University Innovations Prague (CUIP), dceřině spo-



FOTO: LAM-X

■ Technologie prošla studií, zaměřenou na léčbu bérkových vředů, hlavním produktem ve vývoji je tak membrána chránící před sekundárními infekcemi otevřených ran.

měl možnost kvalitu projektu porovnat se start-upy podobného zaměření, které vznikají např. v Kalifornii. Mezi ostatní-

NANOROBOTI Z BRNA

Na efektivnější léčbu s jistotou pomoci nanorobotů se v poslední době zaměřili v brněnském Ceitecu.

„Přišli jsme na to, že bychom mohli využívat nanoroboty pro přenos různých molekul, ať už je to DNA, nebo protein, nebo něco jiného. Materiál, který použijeme momentálně, je zlato,“ uvedla výzkumnice **Alžběta Ressnerová** (na snímku). Kromě zlata obsahují nanoro-



boti i stříbrnou slupku, která reaguje s peroxidem, jenž následně slouží jako palivo. Díky této reakci je možné směřovat je do potřebného místa, jako jsou např. nádorové buňky.

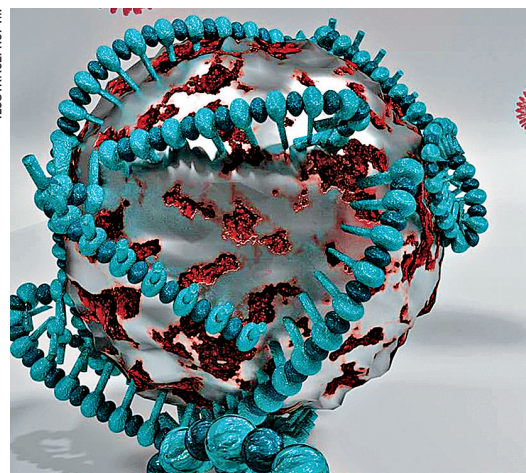
„Když zkoumali využití pasivních nanočástic při léčbě rakoviny, tak se jich do nádoru dostalo necelé procento. Zbytek se hromadil v okolních tkáních. Proto bychom rádi zefektivnili přepravu za použití aktivních nanočástic,“ dodala Ressnerová.

Důležité je v současné době to, jak se vědcům podaří optimalizovat množství paliva k tomu, aby dokázali nanočástice využít. ■

FOTO: CEITEC

skutečné světové špičce, dokázal zhruba před rokem také tým profesora Ing. **Tomáše Polcara**, Ph.D., z katedry řídicí techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT. Vědcům se podařilo získat grant na vývoj speciálních povrchů, a budou tak spolupracovat s významnými českými strojírenskými firmami, se kterými se pokusí zdokonalit obráběcí stroje pro titanové slitiny a další materiály. Projekt profesora Tomáše Polcara s názvem *Nové nanostruktury pro inženýrské aplikace umožněné kombinací moderních technologií a pokročilých simulací* může českou pozici na strojírenské scéně upevnit. „Chceme vyvinout superpovlak, který významně sníží tření. Díky tomu by mohly vzniknout mnohem efektivnější obráběcí nástroje, třeba frézy a vrtáky pro zpracování tvrdých titanových slitin a kompozitů,“ říká Polcar. Jiný typ povlaku sníží tření v motoru a prodlouží jeho životnost. „V některých aplikacích, jako jsou ložiska, pak zcela eliminuje

které se hojně využívají k ochraně před současnou pandemií. Prakticky ve všech podzemních vládních nařízeních je možné slyšet slovo „rouška“. Jedná se o nezbytnost, kterou by měl být v současné době vybaven opravdu každý. Jsou však roušky a roušky, takže jaké výhody v sobě skrývají ty „nano“? Mnozí by zřejmě byli překvapeni, že ne všechny fungují tak, jak slibují někteří prodejci. „Troufám si říct, že více než 90 % roušek, nabízených v ČR, nesplňuje žádnou normu,“ říká **Marcela Munzarová** z firmy Nano Medical, jež je autorkou nového materiálu, který údajně dokáže zastavit i koronaviry. Odborníci se tak shodují na



ILUSTRACE: RCPTM

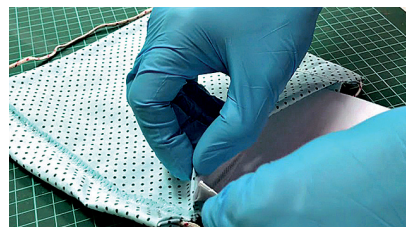


FOTO: AV ČR

■ Vědci na liberecké univerzitě vyrábějí z nanovláken výměnný filtr do roušek, který je možné využít také do těch doma vyrobených.

tom, že údajně nanoroušky jsou stejně účinné jako obyčejné chirurgické ústenky, navíc je třeba si uvědomit, že stříbro mnohdy uváděné jako jejich součást je určeno pouze pro boj s plísněmi a bakteriemi, nikoli k zastavení virů. Podle odborníků je klíčové správné dimenzování nanovlákené vrstvy tak, aby materiál dokázal prakticky stoprocentně filtrovat, ale aby si zároveň udržel vysokou prodyšnost.

NANOKULIČKY POMOHOU PŘI TESTOVÁNÍ

V průběhu roku 2020 přišli vědci z Olomouce se zprávou, že se jim podařilo vyvinout miniaturní částice s magnetickým jádrem, zabalené do tenké křemen-

■ Klíčovým komponentem k testování Covidu-19 jsou magnetické nanokuličky právě z RCPTM, vědecko-výzkumného pracoviště Univerzity Palackého v Olomouci.

né slupky, které dokážou izolovat virové RNA. Nová technologie se stala součástí testovacích sad, které pomáhají odhalit onemocnění Covid-19. Magnetické kuličky dosahují velikosti několika desítek nanometrů a jejich povrch je upraven k izolaci nukleových kyselin, vše bylo vyrobeno v Regionálním centru pokročilých technologií a materiálů (RCPTM). „Oxid křemičitý, který obaluje magnetické nanočástice, má velkou schopnost vázat nukleové kyseliny. Díky obrovskému povrchu nanočástic se na nich efektivně zachytí velké množství virové RNA. Navázané molekuly lze následně snadno izolovat pomocí externího magnetu pro účely další diagnostiky,“ říká **Radek Zbořil** z RCPTM. Výhodou je podle vědců také fakt, že kuličky lze vyrobit v poměrně velkém množství. „V jednom cyklu jsme schopni připravit více než 100 gramů částic, které jsou použitelné zhruba pro 100 tisíc testů na Covid-19. Jedná se o technologicky nenáročnou syntézu. Kapacitu tak dokážeme i řádově navýšit,“ doplnil **Ivo Medřík**, jenž se podílel

■ Nanotechnologií se podle vědců není třeba obávat, naopak dnes mají dveře otevřené do celé řady průmyslových odvětví.

mazivo. Další oblastí je optika a biomedicína – výsledkem mohou být například extrémně černé a otěruvzdorné komponenty optických zařízení.“ Naděje vkládají vědci do nanostruktury, která postupně uvolňuje pevné mazivo, sami však přiznávají, že něco takového je nutno nejprve „objevit“. Projekt při vývoji počítá s kombinací dvou postupů – využití počítačových simulací, které naleznou optimální strukturu nanovrstvy, a přípravu vrstev nedávno komerčně zpřístupněnou technologií magnetronového naprašování (HiPIMS), která v oboru představuje revoluci a umožňuje mnohem efektivněji navrhovat nové povrchy.

ZNAMENÍ DOBY

Zřejmě tím nejaktuálnějším, co se v nanosvětě nyní děje, je výroba nanoroušek,

FOTO: NANOMEDICAL



■ Nanovlákené roušky a další prostředky se od klasických zdravotnických pomůcek liší obsahem vrstvy nanovlákené membrány.



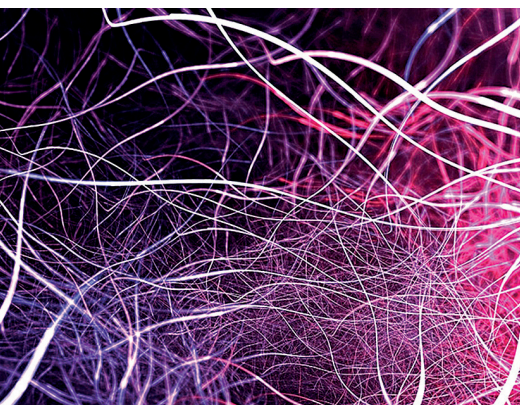


FOTO: EDM CHICAGO

Nanoroboti ve světě

Že **budoucnost technologie leží v nanotechnologii**, samozřejmě vědí vědci nejen v České republice, jejich výzkumy směřující tímto směrem boří hranice a překonávají samy sebe prakticky každý den.

Mnozí výzkumníci pracují na propojitelnosti a kooperaci nanorobotů, přičemž další se snaží zaměřit na tvorbu jakési litografické metody k produkci nanostrojů o maximální tloušťce lidského vlasu. Kam až vědci hodlají zajít?

VPRAVOVÁNÍ DO TĚLA JEHLOU

V oblasti medicíny vědci počítají s masivním rozvojem nanorobotiky, dosud však řešili např. to, jak je do těla dostat. V uplynulých měsících výzkumníci pod vedením **Marca Mishkina** v USA představili světu velice experimentální metodu – „robůtci“ by měli být schopni jakéhokoli vlastního pohybu a do lidského těla by se dali vpravovat za pomoci jehly.

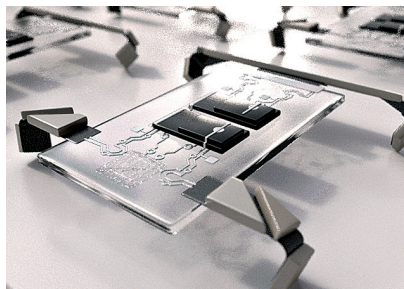


FOTO: ZME

■ **Metoda vícevrstvého tisku k výrobě nanorobotů v zásadě vychází ze stejné metody, kterou vznikají i jiné polovodiče, tedy zejména počítačové čipy.**

„Vzpomínám si, jak jsem se v dětství díval do mikroskopu a uviděl tam nejrůznější bláznivé formy života. Teď už se na ně ale nebudeme jenom z dálky dívat – můžeme být přímo součástí jejich světa,“ vyjádřil se ke své práci Mishkin. Mikroskopičtí roboti jsou vytvářeni postupným nanášením relativně malých vrstev materiálu na plátek křemíku. Tento postup zabere dohromady několik týdnů. Každý stroj má nakonec velikost kolem 70 mikrometrů, tedy zhruba šířku lidského

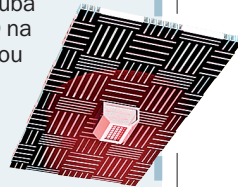
vlasu. Jeho tělo sestává ze supertenkého skleněného čtverečku, na nějž je nanese-na vrstva křemíkových polovodičů spolu se dvěma či čtyřmi solárními panely. Nejedná se však o jedinou aplikovanou metodu výroby.

POHYB ZAJISTÍ LASER

Z vyjádření badatelů vyplývá, že jsou roboti poháněni laserovým paprskem, jenž se odráží v jejich solárních panelech, které následně dodávají energii do jejich pohybového ústrojí. Jakkoli by se to mohlo zdát jednoduché, výzkumníci „bojují“ právě se zdrojem energie. Baterie všeobecně činí problémy v uvedení anorganických nanobotů do praxe. Nicméně vědci nyní problém s pohybem odsunuli až na druhou kolej, jelikož, jak sami přiznávají, je to pro ně v současnosti nevyřešitelný problém. Svou pozornost tedy věnují samotnému vývoji a funkčnosti miniaturních „stroječků“, jež by mohly v lidském těle vykonávat mnoho lékařských úkonů. Kromě doručování léků by v budoucnu docházelo k samotnému odřezávání nádorů bez jakéhokoli zevního poškození těla. „Zjistili jsme, že je možné vstříknout injekční stříkačkou a že přežijí – jsou stále neporušené a funkční –, což je dobře,“ uvedl Mishkin. S problémy ohledně napájení se potýká mnoho vědeckých týmů po celém světě. Prozatím je ale výsledek jejich snažení často stejný, nanostroje buď pohánějí světlo, pak jsou nevhodné pro zevní použití, nebo mají vlastní zdroj energie ve formě chemického pohonu, poté jsou ale pomalejší a mají menší výdrž.

NANOLEPENKOVÁ LETADÉLKA NA MARSU

Vědci z University of Pennsylvania představili zhruba v polovině roku 2020 na tiskové konferenci svou vizi, že by mohli **prozkoumávat povrch Marsu s pomocí jakýchkoli „nanolepenkových“ letadélek.**



Jejich velikost je skutečně miniaturní, **výzkumníci ji přirovnali k velikosti mušky octomilky (Drosophila)** a dodali, že **nebudou obsahovat žádné pohyblivé části.** Letadélka již dokonce prošla testováním v komoře, kde bylo simulováno prostředí Marsu. Stroje byly schopny nést malé silikonové prsteny. ■

FOTO: PENN

■ **Světovým unikátem jsou nanotechnologické samočisticí nátery, které vynalezl český vědec Jan Procházka.**

na vývoji nanočástic. Výzkumníci jsou ve výhledu ohledně nanočástic optimističtí, testování proběhlo ve Státním zdravotním ústavu v Praze a nutno podotknout, že bylo úspěšné. „Výsledky potvrdily, že naše magnetické částice jsou z hlediska účinnosti izolace virové RNA srovnatelné s komerčními materiály. S ohledem na produkční kapacitu a nižší výrobní náklady jsou proto plně připraveny na transfer do praxe,“ uzavřel Zbořil.

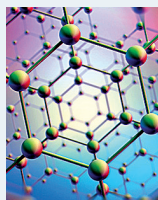
NANOVLÁKNA PROTI ALERGIÍM

Unikátní je i nová česká „smart“ textilie, určená především alergikům – **Smart NANO.** „Naše příkrývky a polštáře jsou prvním dokonalým spojením komfortu a technologie, jsou prodyšné, měkké a hebké na dotek,“ vysvětluje **Josef Handrejch**, který zodpovídá za výzkum a vývoj. Společnost se vývoji povlečení a prostěradel věnuje již delší dobu, nyní se však rozhodla využít nejnovější technologie, a když „nej“, tak i nano. „Abyste zachytili běžným materiálem roztoče a jejich alergeny, je třeba vyrobit zhuštěnou tkaninu, která ale ztrácí vzdušnost. Lidé se v ní pak potí doslova jako v igelitu a často takové materiály i šustí,“ vysvětluje předseda Asociace nanotechnologického průmyslu ČR **Jiří Kůs**. Struktura vláken ve Smart NANO je tak hustá s natolik malými otvory, že jimi neprojde roztoč ani případný alergen, na druhou stranu zůstává prodyšná pro molekuly vzduchu. „Náš první materiál znamenal velký pokrok v zachytu alergenů, ale Smart NANO teprve znamená revoluci. A u toho rozhodně nekončíme, věříme, že bariérové povlaky, polštáře, příkrývky a ložní prádlo s nanotkaninou se brzy stanou novým standardem,“ vysvětluje Kůs. ■

KDE SE NANOTECHNOLOGIE VYUŽÍVÁ?

ELEKTRONIKA –

palivové články, vysokokapacitní baterie, záznamová média, logické obvody na molekulární úrovni, fotomateriály, čidla a detektory, zobrazovací zařízení...



AUTOPRŮMYSL – aditiva pro snižování spotřeby paliva a emisí, inteligentní senzory a čidla, nové typy katalyzátorů pro zachycení emisí, supertvrdé a samoopravující se laky...

STROJÍRENSTVÍ – nové, superpevné a ultralehké materiály v konstrukčních prvcích, supertvrdé materiály, lubrikanty s nízkým třením, kompozitní materiály, obráběcí nástroje...

VESMÍRNÝ PRŮMYSL – katalyzátory a nová, vysoce účinná paliva, odolné povrchy satelitů, vysokopevnostní a ultralehké materiály...

STAVEBNICTVÍ – izolační materiály nové generace, samočisticí fasádní nátěry, antiadhezní obklady, fotovoltaické fasády...

TEXTILNÍ PRŮMYSL – funkční oblečení, chytré textilie, vlákna s různými vlastnostmi nebo medikamenty...

POTRAVINÁŘSTVÍ – inteligentní a multifunkční obaly pro zvýšení trvanlivosti a kvality potravin, účinnější potravinové doplňky, lepší využití látek obsažených v potravinách...

MEDICÍNA – cílená a účinná likvidace nádorů, diagnostická laboratoř na čipu, umělé krvinky, cílená doprava léčiv, umělé klouby, chlopně, náhrada tkání, účinné dezinfekční roztoky, zdravotnické prostředky pro účinné hojení ran. ■

ROZŘÍZNOUT NÁDOR A DODAT LÉKY

Představa nanorobotů jako ministroječek poháněných elektřinou, kteří spolu komunikují pomocí rádia, je dnes už prakticky vyvrácena. Tým vědců pod vedením **Yaniva Amira** z izraelské Bar-Ilanovy univerzity v minulém roce před-

■ DNA nanoroboti jsou programovanou DNA, která se dokáže skládat a rozkládat podobně jako origami, připravena zasáhnout dle potřeby.

DNA zaměřená na nádor

stavil biologické nanoroboty z DNA origami, kteří jsou schopni vzájemně mezi sebou vysílat a přijímat signály prakticky stejně jako běžné buňky v lidském těle. Jedná se o jakési vnímání komunity, jde v podstatě o detekci chemických signálů, což buňkám dovoluje orientovat se v daném prostředí a rozhlížet se kolem. Tyto a další „novinky“ umožňují nanostrojům lepší zaměření a koordinaci, jejich cílení na rakovinné buňky je tak přesnější. Nanostroje, plouvající lidskými těly, pak mohou roznášet léky nebo odřezávat nádory. Není však vyhráno, stroje prozatím dovedou rozlišovat pouze minimum signálů, přestože potenciál je obrovský. Do budoucna je například možné, aby z roje několika nanostrojů jenom několik detekovalo nějaký signál a předávalo jej dál do zbytku roje, který přímý kontakt s buňkou nemá.

ANORGANICKÁ A ORGANICKÁ CESTA

Vědecké týmy se shodují, že obojí – jak organické, tak anorganické nanostroje – mají svou budoucnost a rozličné možnosti, jsou i tací, kteří je kombinují dohromady. Nanoroboti představení ve studii jsou jednoduché strojky z kovu a dalších nebiologických materiálů, jež jsou aktivováni chemickou nebo fyzikální reakcí. Magnetické nanočástice tak například vědci můžou tělem navigovat s vysokou přesností díky externím magnetickým polím. Podobně mohou udělit světlem energii jiným anorganickým nanočásticím, a přimět je tak k vysokým otáčkám. Zde je problém stejný jako v předchozí studii, a sice nedostatečné napájení – aby byli roboti aktivní, museli by pacienti docházet na specializovaná

pracoviště, kde by byli dobíjeni. Částečně lépe jsou na tom vědci s organickými nanostroji. Ty z DNA origami využívají kreativně zatočené sekvence DNA molekuly, jež nepřenášejí genovou informaci, ale zato fyzicky tvoří tělo nanostroje. Organické nanostroje tak častěji využívají reakcí vypůjčených ze světa biochemie, díky čemuž můžou být častěji autonomní, podobně jako buňky. I zde se však jedná o běh na dlouhou trať.

NANOMATERIÁL JAKO LIDSKÁ TKÁŇ

Začátkem roku 2020 byl světu představen gumovitý nanomateriál, který údajně bude možné integrovat do lidského těla např. jako chrupavku, a způsobit tak jistou revoluci v medicíně. Na jeho vývoji se podíleli vědci ze švédské Chalmers University. Netoxický materiál je podle dostupných údajů tvořen prakticky stejnými látkami jako obyčejné plexisklo. „Byli jsme opravdu překvapeni, když se ukázalo, že tento materiál je velmi měkký, flexibilní a extrémně elastický,“ řekl **Anand Rajasekharan** z týmu badatelů. „Existuje mnoho nemocí, při nichž se chrupavka rozpadá a výsledné tření mezi kostmi způsobuje postižené osobě velkou bolest. Tento materiál by v takových případech mohl potenciálně sloužit jako náhražka,“ vyjádřil se **Martin Andersson**, jenž výzkum vedl. Podle vědců má nový materiál nespornou výhodu také v tom, že disponuje antibakteriálními vlastnostmi, což by usnadnilo třeba výrobu močových katétrů. V současné době již existuje společnost, která se výrobou materiálu zabývá, a je tak možné, že se do praxe dostane poměrně brzy. ■

PAVEL POLCAR

„Pokud si představíte zeměkouli a cvrknací kuličku, tak takový je rozdíl mezi jedním metrem a jedním nanometrem.“
předseda Asociace nanotechnologického průmyslu
České republiky Jiří Kůs