Nanotechnologie v medicíně

Václav Gerla

[1 Úvod 3](#_Toc404524744)

[1.1 Molekulární nanotechnologie (MNT) 3](#_Toc404524745)

[1.2 Nanomedicína 3](#_Toc404524746)

[2 Průkopníci 5](#_Toc404524747)

[2.1 Richard Feynman 5](#_Toc404524748)

[2.2 K. Eric Drexler 5](#_Toc404524749)

[2.3 Timothy Leary 5](#_Toc404524750)

[2.4 Průkopníci obecně 6](#_Toc404524751)

[3 SPM - Scanning Probe Microscope 7](#_Toc404524752)

[3.1 Základní popis SPM (Rastrovací Tunelové Mikroskopie) 7](#_Toc404524753)

[3.2 Vlastnosti SPM 8](#_Toc404524754)

[3.3 Biologické využití SPM 8](#_Toc404524755)

[4 Mechanismy 9](#_Toc404524756)

[4.1 Chemické složení lidského těla 9](#_Toc404524757)

[4.2 Transportní pumpa 9](#_Toc404524758)

[4.3 Třídění molekul 10](#_Toc404524759)

[4.4 Dopravní pásy 11](#_Toc404524760)

[5 Nanostroje 12](#_Toc404524761)

[5.1 Základní prvky 12](#_Toc404524762)

[5.2 Zásobování 13](#_Toc404524763)

[5.3 Reprodukce 13](#_Toc404524764)

[6 Aplikace 14](#_Toc404524765)

[6.1 Mikromotorek se světelným pohonem 14](#_Toc404524766)

[6.2 Jednomolekulový čip 15](#_Toc404524767)

[6.3 Kombinace nanotechnologie s laserovou terapií: vyhlídky na příštích 10 let 15](#_Toc404524768)

[6.4 DNA čipy a DNA počítače 17](#_Toc404524769)

[6.5 Uchování informací s použitím atomů fluoru a vodíku 18](#_Toc404524770)

[6.6 Ukázky použití (převzato ze: http://www.imm.org) 19](#_Toc404524771)

[7 Výzkum 20](#_Toc404524772)

[7.1 USA 20](#_Toc404524773)

[7.2 Německo 20](#_Toc404524774)

[7.3 Francie 21](#_Toc404524775)

[7.4 Finsko 21](#_Toc404524776)

[7.5 Česká republika 23](#_Toc404524777)

[7.6 Nanotechnologie v 6. rámcovém programu EU 23](#_Toc404524778)

[7.7 Genomika a biotechnologie pro zdraví 23](#_Toc404524779)

[8 Závěr 25](#_Toc404524780)

[8.1 Nejbližší vývoj 25](#_Toc404524781)

[8.2 Kdy přijde čas Nanotechnologie? 25](#_Toc404524782)

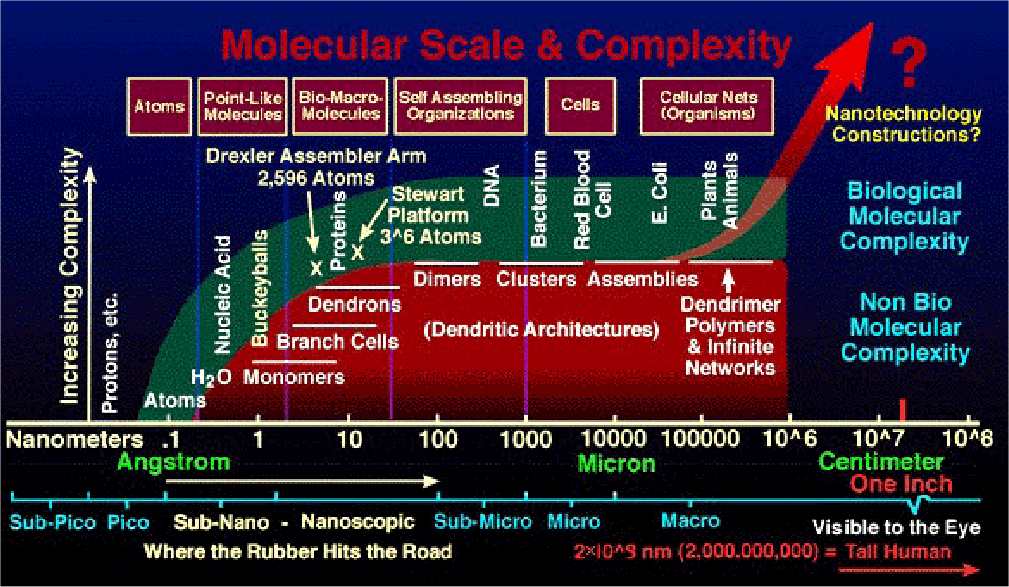
# Úvod

## Molekulární nanotechnologie (MNT)

Název tohoto oboru pochází od měřítka, ve kterém se pracuje. Tím jsou prozatím stovky až tisíce nanometrů. Do 1 nm se přitom vejdou zhruba 3-4 atomy. Pro představu o stupni miniaturizace: virus je velký zhruba 100 nm, lidský vlas má průměr plných 200 mikrometrů.

Základním stavebním prvkem MNT je atom. Různým uspořádáním atomů se mohou měnit vlastnosti výsledného produktu. Tak například přerovnáním atomů v uhlí lze stvořit diamant. Úpravou a přerovnáním atomů písku zase křemíkovou destičku - základní polotovar pro výrobu polovodičových součástek.

Je ovšem otázkou, nakolik bude křemík v dalším vývoji důležitý. Prozatím vše nasvědčuje tomu, že tím nejpodstatnějším prvkem bude uhlík, na jehož bázi je ostatně stvořen i život na zemi. Diamant se totiž osvědčil nejen pro svou odolnost a pevnost, ale i proto, že uhlíku je v našem světě opravdu dostatek.

[Molekulární stupnice]

## Nanomedicína

Nanomedicína může být definována jako sledování, opravování, stavba a kontrola nad člověkem na molekulové úrovni biologickým systémem, který je tvořen z nanosoučástek a nanosystémů.

Nanotechnologie by mohla hrát v medicíně významnou roli. Např. pomoc při diagnostice, bioimplantáty, možné léčebné schopnosti nanorobotů , to jsou nejběžnější uplatnění v moderní medicíně. Např. lékařstí nanoroboti o velikosti do 1000 nm by se injektovali do lidského těla (několik miliard nanorobotů řádově odpovídá 1 cm3). Tam by mohli pomáhat imunitnímu systému, podílet se na procesech látkové výměny, provádět nějaké opravné úkony, případně se shlukovat do větších celku a vytvářet složitější a výkonnějsí systémy. Jednoho takového nanorobota navrhl Drexler. Jeho základní součásti lze vidět na obrázku 1. Důraz je kladen na malou velikost.

Počítač i stavitel dosahují molekulových velikostí.

Stavitel má dva hlavní podsystémy:

(1) schopnost měnit polohu je zajištěna několika robotickými rameny (velikost asi 0,1 mikrometru)

(2) schopnost rozbít chemické vazby buňky pomocí mechanosyntézy

Co se týče velikosti, 10000 základních logických systému (dost, aby vytvořilo malý procesor) by zabralo krychli o hraně maximálně 100 nanometrů a při práci na frekvenci 1 GHz by se spotřebovalo méně než 10 -9 wattu.

Takové zařízení by se dalo použít například pro ničení rakovinotvorných buněk. Vybavené počítačem a zásobou jedu schopného zabít buňku rakoviny by cirkulovalo lidským tělem a kontrolovalo předem pevně stanovená kontrolní místa. Po 'kontrole' místa by se předal profil počítači, který by jej porovnal s rakovinovým profilem místa a pokud by se shodovaly, byl by vypuštěn jed. Zabiják buněk by svoji polohu určoval podle příjmu akustických signálu z několika makroskopických zdroju těchto signálu. Zjistil by například, že se nachází v palci u nohy, pokud bylo jeho cílem zničit rakovinotvorné buňky v tlustém střevě, jed by nebyl vypuštěn. Zařízení by bylo přeprogramovatelné (samozřejmě uvnitř těla pomocí akustických signálu) a mohlo by tak napadat ruzné cíle, což by ve výsledku zabránilo rozširování nechtěných struktur (bakteriové infekce apod.).

Nanoroboti by se dali využít i v kryobiologii a kryonice, vědních oborech zabývajících se možnostmi uchování a konzervace tkání tak, aby v budoucnu bylo možno tyto tkáně nejakým způsobem opět použít. Právě nanoroboti by oživovali a opravovali zmrazenou tkáň.

Základní nanosoučástky, zkonstruované enzymy a ostatní biologické produkty, budou pravděpodobně brzy enormně využívány v lékařských aplikacích, nicméně tomu všemu bude předcházet mnohaletý výzkum a testování.

# Průkopníci

## Richard Feynman

Vizi nanotechnologie nastínil na konci 50. let geniální americký fyzik Richard Feynman, jenž se vědeckého světa s drzostí sobě vlastní zeptal: “Proč ještě neumíme zapsat všech dvacet čtyři svazků Encyklopedie Britanniky na špendlíkovou hlavičku?” Jeho vpravdě historická přednáškou nazvaná “There‘s Plenty of Room at the Bottom”, pojednávala o tom, že v budoucnosti člověk dokáže sestavovat neobyčejně miniaturní zařízení schopné manipulovat s jednotlivými atomy.

Feynman zvláště poukázal na skutečnost, že celá živá příroda pracuje na úrovni atomů a molekul. Člověk teprve před nedávnem nahlédl do tajemství základních biochemických pochodů, když se mu podařilo dešifrovat genetické kódy rostlin i živočichů. Ale příroda právě na základě těchto zákonitostí dokáže už miliony let “stavět” obrovské množství organismů, od bakterií a rostlin, přes neobyčejně rozmanitou a početnou třídu hmyzu a živočichů, až po samotného člověka. A byl to právě Feynman, kdo položil užaslému vědeckému světu otázku: jestliže to zvládne příroda, proč ne my?

Avšak v 50. letech, nesoucích se ještě ve znamení poctivé staré elektroniky, ho nikdo ze seriózních vědců nebral vážně. Následující dvě desetiletí přinesla miniaturizaci. Počítače daly sbohem rozměrným sálům a díky mikroprocesorům začalo jejich vítězné tažení světem, objevila se teorie uspořádání molekul a rastrovací kvantový mikroskop, pomocí něhož člověk mohl poprvé proniknout do světa nanorozměrů, tedy rozměrů minimálně desettisíckrát menších než je špička špendlíku. Počátek 90. let znamenal, vedle bouřlivé komputerizace a nástupu internetu, rozvoj mikrosystémového a genetického inženýrství a první úspěšné pokusy technologií v měřítku nanometrů.

## K. Eric Drexler

Jestliže je Feynman považován za zvěstovatele nanotechnologie, apoštolem jeho vizí se stal kontroverzní americký fyzik K. Eric Drexler. Právě on v knize Stroje stvoření – nástup éry nanotechnologie (Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology, 1986) rozpracoval s obdivuhodnou invencí myšlenku nanotechnologické revoluce a popsal svět miniaturních umělých systémů, jakýchsi neuvěřitelně malých stroječků neboli nanorobotů, které se budou podobat živým organismům nejen schopností reprodukce, ale i vzájemnou komunikací a sebezdokonalováním, přičemž jejich velikost se bude pohybovat na molekulární úrovni.

Drexler podrobně popsal, jak tyto neviditelné nanosystémy (neboli assemblers) budou schopny molekulu po molekule postavit všechno, co jim předem stanovený program zadá, od počítačů a kosmických sond, po dálnice a mrakodrapy.

## Timothy Leary

Timothy Leary, známý svým bezmezným technokratickým optimismem, v souladu s Drexlerovými teoriemi dodává: “S úspěchem nanotechnologie by se svět stal místem nepředstavitelné hospodářské hojnosti. Bylo by například možné vytvořit jakýkoli předmět jen z prachu a slunečního svitu. Reparační buněčné mechanismy, vetknuté do každé buňky lidského těla, by mohly zpomalit či úplně zvrátit účinky bolestí a chorob. Stavba tryskových motorů by se stala záležitostí jedné minuty, vyrostly by znenadání a dokonale jako krystaly z kapalných roztoků obsahujících nanostroje. Neomezeně.”

Můžeme sice polemizovat s názorem, do jaké míry byl Leary blouznivcem oslněným možnostmi nových technologií, ale jedno je jisté: nanotechnologie, neboli zkráceně nanotech, otvírá potenciálně před lidstvem tak nedozírné možnosti, že se o nich donedávna nezdálo ani nejodvážnějším futurologům.

## Průkopníci obecně

Feynman a Drexler (o Learym nemluvě) byli ve vědeckém světě považováni tak trochu za blázny. Prudký rozvoj oblastí “new technology” jim však začátkem 90. let začínal pomalu, ale jistě dávat za pravdu: v roce 1990 vědecký tým společnosti IBM napsal pomocí tunelového skenovacího mikroskopu logo své firmy na niklový plát 35 izolovanými xenonovými atomy. V dalších letech se k této elegantní, nicméně nepříliš využitelné frajeřině přidaly daleko závažnější objevy: byly sestaveny první uhlíkové nanotrubičky a demonstrováno vedení elektrického proudu jednou molekulou. V laborkách velkých amerických společností a univerzit se podařilo sestrojit první nanomechanismy, jakými jsou například osičky deset tisíckrát tenčí než lidský vlas, neviditelná molekulová ložiska s ultranízkým třením, nanovláček, jezdící po jedné koleji, nebo první nanotranzistory využívající výhodných vlastností fullerenů.

Z fantazie se postupně stává skutečnost. To, že se objevy a výdobytky nanotechnologií takřka týden co týden objevují ve vědeckých periodikách, je již samozřejmostí. Dokonce se tvrdí, že situace, která v tomto atraktivním oboru v současnosti vládne, připomíná rozmach strojírenství a železnice v druhé polovině 19. století, ovšem s tím rozdílem, že dnešní rozvoj nanoinženýrství probíhá mnohem rychleji.

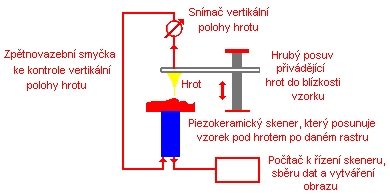
Nejen vědcům, ale i politikům je čím dál víc jasnější, že vstup této technologie do lidského života na sebe zřejmě nedá dlouho čekat. Bývalý americký prezident Bill Clinton na začátku roku 2000 vyhlásil federální program koordinace všech amerických výzkumů v oblasti nanotechnologie (National Nanotechnology Initiative - NNI), v němž tuto oblast označil za jednu ze státních priorit.

# SPM – Scanning Probe Microscope

## Základní popis SPM (Rastrovací Tunelové Mikroskopie)

Prostřednictvím SPM lze nejen spatřit atomovou strukturu látek., ale i mapovat polohu jednotlivých atomů a umísťovat je na jednotlivá místa.

Na tenký hrot při ní působí jemné meziatomární síly, přičemž tento pohyb se detekuje pomocí laseru. Díky SPM tak lze nejen určit polohu jednotlivých atomů, ale dokonce i umisťovat atomy či molekuly na předem stanovená místa. Jediné, co dosud dělá mnohým nanokonstruktérům těžkou hlavu, je zatím značná nepřesnost této technologie. Musíme si totiž uvědomit, že při vytváření těchto systémů technici nesmí chybovat více než v jednom případě z miliardy, což je zhruba přesnost, s jakou se kopíruje DNA při dělení buněk.

Schematický nákres uspořádání mikroskopu je vidět na obrázku, kde jsou zakresleny jeho hlavní funkční části. Každý mikroskop SPM se skládá z mechanické části - stolku s polohovacím zařízením, umožňujícím pohyb ve třech rozměrech, z nosníku s hrotem a z elektrické části - napájení, zpětné vazby, sběru signálu a ovládání pohybu. Důležitou vnější části mikroskopu je vybavení k tlumení mechanických vibrací. Mikroskop může být dále vybaven dalším pomocným vybavením, jako je např. vakuová komora apod.

## Vlastnosti SPM

* atomární rozlišení, zobrazení v přímém prostoru
* trojrozměrný obraz v reálném čase, možnost studia dynamických procesů
* možnost použití v různých prostředích, vhodné především pro zobrazování biologických vzorků *in vivo* a *in vitro*
* vzhledem k malé velikosti SPM hlavy ji lze vestavět do zařízení pro jiné typy mikroskopických technik
* není zapotřebí žádného externího zdroje částic (jako třeba elektronů v elektronové mikroskopii či světla ve světelné)
* lokální interakce (nestředované veličiny)
* není třeba speciálních úprav vzorku (někdy potřeba vodivého pokrytí či fixace)
* velký rozsah zvětšení, nicméně při malých zvětšeních nese obraz informaci pouze o místě těsně pod hrotem
* vlivem lokálnosti neobsahuje obraz informaci o zbytku povrchu
* Z naměř. hodnot není zpravidla možno přímo určit strukturu, lze jen porovnat s očekávanými z modelu a ten případně opravit
* citlivost k vibracím a teplotním driftům
* je citlivá pouze na pár povrchových vrstev (často na jednu)
* velké množství artefaktů (falešných obrazů), zvláště hrot se vzorkem si mohou vyměnit roli
* vliv adsorbované vody na povrchu vzorku
* obtížnost opětovného zobrazení téhož místa na vzorku
* není obecně citlivá na chemickou podstatu atomů, určit typ atomu lze jen z doplňujících metod a úvah
* může být necitlivá k některým typům adsorbátů na povrchu, nemají-li vhodné energetické hladiny
* metoda registruje zvlnění určité fyz. vlastnosti (např. plochy konst. hust. náboje), které ovšem klesá se vzdáleností od povrchu

## Biologické využití SPM

Pro biologii je největším přínosem metody možnost zobrazovat v libovolném okolním prostředí, což zabrání např. vysychání struktur a umožňuje zobrazit i živé organizmy (např. bakterie, často se zobrazuje DNA). Problémem při těchto měřeních je nalezení vhodného podkladového povrchu (nejčastěji se používá čistý pyrolitický grafit pro STM a slída pro AFM), fixace vzorku a zajištění jeho vodivosti (pro STM) nebo volba vhodné síly (pro AFM). Velkým problémem však zůstává interpretace naměřených výsledků.

# Mechanismy

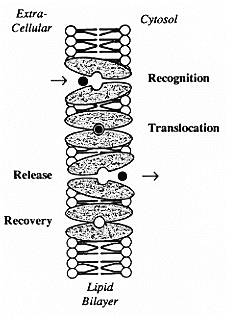
## Chemické složení lidského těla

Lidské tělo je tvořeno ze 7 x 1027 atomů, které jsou uspořádány ve vysoce aperiodické struktuře. V lidském těle lze najít 41 chem. prvků (viz tabulka níže). Celých 87% lidského těla jsou atomy vodíku nebo kyslíku. Atomy nejsou v těle jako jednotlivé elementy, ale jsou v kombinované formně jako molekuly anebo ionty.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Prvek** | **Zn.** | **Atomů** | **Prvek** | **Zn.** | **Atomů** | **Prvek** | **Zn.** | **Atomů** |
| Vodík | H | 4.22 x 1027 | Rubidium | Rb | 2.2 x 1021 | Zirkon | Zr | 2 x 1019 |
| Kyslík | O | 1.61 x 1027 | Stroncium | Sr | 2.2 x 1021 | Kobaltt | Co | 2 x 1019 |
| Uhlík | C | 8.03 x 1026 | Brom | Br | 2 x 1021 | Cesium | Cs | 7 x 1018 |
| Dusík | N | 3.9 x 1025 | Hliník | Al | 1 x 1021 | Rtuť | Hg | 6 x 1018 |
| Vápník | Ca | 1.6 x 1025 | Měď | Cu | 7 x 1020 | Arzen | As | 6 x 1018 |
| Fosfor | P | 9.6 x 1024 | Olovo | Pb | 3 x 1020 | Chrom | Cr | 6 x 1018 |
| Síra | S | 2.6 x 1024 | Kadmium | Cd | 3 x 1020 | Molybden | Mo | 3 x 1018 |
| Sodík | Na | 2.5 x 1024 | Bor | B | 2 x 1020 | Selen | Se | 3 x 1018 |
| Draslík | K | 2.2 x 1024 | Mangan | Mn | 1 x 1020 | Beryllium | Be | 3 x 1018 |
| Chlor | Cl | 1.6 x 1024 | Nikl | Ni | 1 x 1020 | Vanad | V | 8 x 1017 |
| Hořčík | Mg | 4.7 x 1023 | Lithium | Li | 1 x 1020 | Uran | U | 2 x 1017 |
| Křemík | Si | 3.9 x 1023 | Baryum | Ba | 8 x 1019 | Radium | Ra | 8 x 1010 |
| Fluor | F | 8.3 x 1022 | Jód | I | 5 x 1019 |  | | |
| Železo | Fe | 4.5 x 1022 | Cín | Sn | 4 x 1019 |
| Zinek | Zn | 2.1 x 1022 | Zlato | Au | 2 x 1019 | **CELKEM** |  | **6.71x1027** |

## Transportní pumpa

Zatímco synchronizované zásobovací cesty propouští ionty skrz blánu v termodynamickém spádovém směru, aktivní pumpy užívají zdroje volné energie k přesunu molekul a iontů proti tomuto spádu. V biologii je obvykle zdrojem této energie foton světla. Ovšem v lidském těle se energie získává z více různorodých energetických zdrojů.

Molekulové pumpy pracují většinou ve čtyřech fázích:

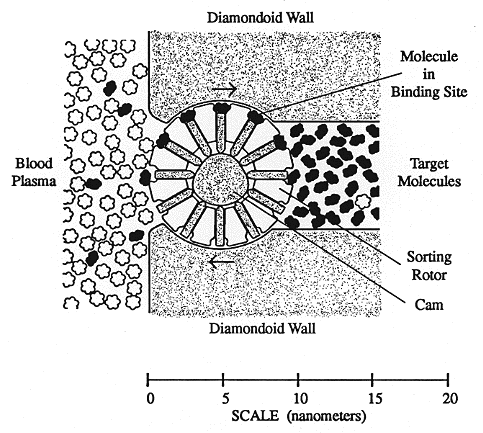
1. Rozpoznávání a vázání vst. substrátu

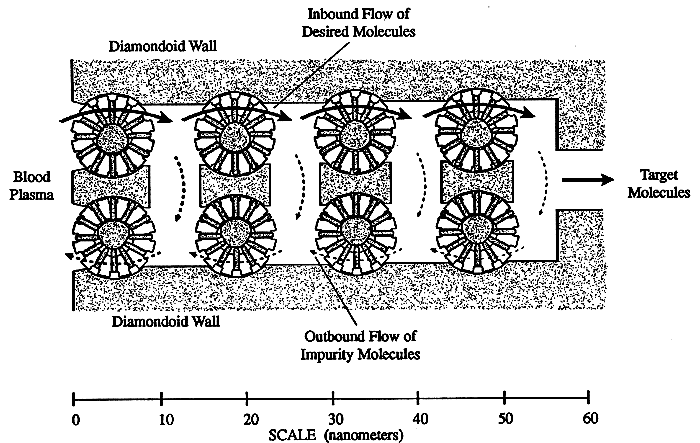
2. Jeho přemístění přes vnitřní strukturu

3. Uvolnění substrátu

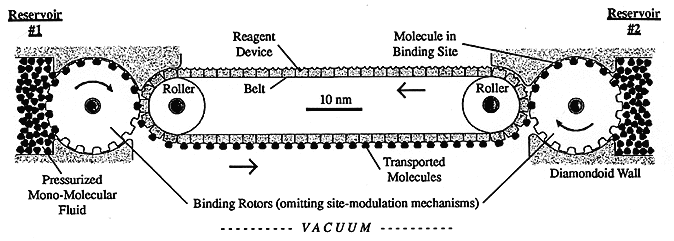
4. Vrácení do původního stavu (zotavení)

## Třídění molekul

Toto zařízení je opět schopno selektivně vázat specifické molekuly a transportovat je proti koncentračnímu spádu. Vstupní materiál se váže na jednotlivé lopatky a pak je přenesen do cílové oblasti. Tam je násilně z "lopatek" uvolňován. Tento model může být navržen z asi 105 atomů(včetně hnacího systému).

Na dalším obrázku je kaskádní verze předchozího případu. Prvním článkem může projít kromě požadovaných molekul i malé množství molekul nežádoucích. Celý systém pak omezí množství těchto látek na výstupu celé soustavu.

## Dopravní pásy

Tento mechanizmus může skvěle posloužit, pokud chceme určitou látku přesunout z jednoho do druhého zásobníku. Princip je dobře patrný z obrázku.

# Nanostroje

## Základní prvky

Mozkem nanorobotů je molekulární počítač. Spíše než stroji na bázi polovodičů, jak známe počítače dnes, se podobá viktoriánskému Babbagovu diferenciálnímu stroji. Pracuje na mechanickém principu za pomoci táhel, pák, vahadel a ozubených soukolí. Mechanický počítač má totiž menší nároky na prostor (ekvivalent tranzistoru je velký jen 5 krychlových nanometrů) a protože se nezahřívá tokem elektronů, nepotřebuje chlazení. Má také nižší spotřebu energie a je dostatečně rychlý (změna stavu trvá zhruba 50 ps).

Protože první roboty budou disponovat ještě velmi omezenou inteligencí, je vhodné zajistit, aby mohly jejich počítače přijímat instrukce zvenčí. Ty budou dávat podněty ke změně činnosti, funkce nebo tvaru. Merkle počítá s jednosměrnou akustickou komunikací v megahertzových frekvencích. Za tím účelem by měl být každý stroj vybaven tlakovým snímačem, který by zastával funkci přijímače. Vzhledem k určité specializaci robotů v pracovní skupině by každý reagoval jen na tu svou část plošně vysílaných signálů. Pokud by se signály vysílaly v pravidelných intervalech, mohla by být činnost nanorobotů řízena skokově.

Počítač by se naprogramoval na jednoduchou činnost a vykonával by ji tak dlouho, dokud by nedostal další podnět nebo dokud by nesplnil zadaný úkol. V záložní paměti by měl uloženy pouze dva programy - vrozenou specializaci a možnost autoreprodukce. Tento přístup by mu umožňoval pracovat ve dvou základních režimech. V reprodukčním režimu by každý stroj vyráběl své kopie tak dlouho, dokud by nedostal povel k jiné aktivitě. Pak by přešel do aktivního režimu, ve kterém by setrval buď do splnění úkolu, nebo do dalšího povelu.

Základním prvkem molekulárního stavitele je manipulátor, přičemž jeden robot jich může mír i několik. Manipulátor slouží nejen k práci, ale i ke komunikaci a ke spojování s ostatními stroji. Tak mohou z miniaturních stavebních prvků vznikat struktury, které dokážou v čase měnit svůj tvar i funkci. Spojením své výpočetní kapacity zároveň získávají vyšší inteligenci, takže mohou plnit složitější úkoly.

V současnosti jsou vyvíjeny manipulátory podobající se lidské ruce. Tak může robot při stavbě své kopie nebo při jiné požadované činnosti "přerovnávat" atomy tak, jak právě potřebuje. Aby se atomy zase nerozbíhaly a aby na ně nepůsobilo neznámé okolní prostředí, je potřeba - po vzoru přírodních molekul - vytvořit kolem nich obal. Protože je ovšem třeba přenášet materiál mezi vnitřkem molekuly a jejím okolím, navrhují vědci tři v sobě vložené válce nebo koule vybavené otvory. S tím, jak by se pohyboval prostřední plášť, otvíral by propusti mezi vnější a střední nebo mezi vnitřní a střední vrstvou.Vznikaly by tak jakési přechodové komory bez použití složitých mechanických uzávěrů.

## Zásobování

Nanoroboty budou ke své činnosti potřebovat dva základní prostředky - stavební materiál a energii. Nabízejí se přirozeně dvě základní cesty. Menší závislost na podpoře zvenčí zaručí adaptace stroje na okolní prostředí. V tom případě by za stavební materiál používal vše, co se nachází bezprostředně kolem něj. To samozřejmě vyžaduje větší "znalosti", protože robot bude muset umět rozebírat molekuly a vybírat si z nich jen ty atomy, které potřebuje. Zároveň ovšem musí dbát na to, aby "odpad" nijak neškodil. V nejlepším případě by jej měl umět využít jako zdroj energie pro svou práci.

Jednodušší přístup z hlediska návrhu robota je dodání potřebných látek zvenčí. Tak by byl například nemocnému do žil kromě nanostrojů vpraven i výživný roztok a další látky obsahující potřebné stavební prvky, které se v danou chvíli v lidském organizmu nenachází.

## Reprodukce

Přirozenou vlastností všech těchto strojů by měla být i možnost vlastní reprodukce. A to nejen z důvodu rychlejšího plnění úkolů a záruky přežití v nehostinném prostředí, ale i kvůli dalšímu vývoji. MNT totiž v současnosti uvažuje spíše o vývoji shora dolů. To znamená, že první generace robotů (vyrobená člověkem) by byla podstatně větší než požadovaný cílový stav. Každá další generace by pak vytvářela svou kopii o něco menší. Po několika generacích by vznikl stroj, který je již pro lidské nástroje ovládané člověkem příliš malý.

# Aplikace

## Mikromotorek se světelným pohonem

4. 7. 2002 němečtí vědci z univerzity v Mnichově uvedli do chodu mechanismus sestávající z jediné molekuly, roztáčený světlem. Tým, jenž fotony poháněný motorek vyrobil, se domnívá, že se jednou stane významnou pohonnou jednotkou u strojů a zařízení používaných v nanotechnologiích

Konstrukčním materiálem nanomotoru se stal syntetický polymer azobenzenu, jehož molekula obsahuje pár dusíkových atomů s benze-novým jádrem navázaným na každé straně. Svébytný dusíkový můstek mezi jádry je zkroucený, ale jakmile na něj začne působit světlo určité vlnové délky, narovná se, a tím prodlouží molekulu. Světlo o jiné vlnové délce jej opět vrátí do staženého stavu. Vědci zkusili využít tento vratný pohyb ke konání užitečné práce.

Nejprve chemicky navázali jednu stranu molekuly azobenzenu na vrstvičku nanesenou na skleněný podklad. K jejímu druhému konci rovněž chemicky připojili droboučkou páku a vzniklý mechanismus připojili ke speciálnímu mikroskopu (AFM) umožňujícímu měřit vznikající atomové síly.

Pomocí ultrafialového záření o vlnové délce 420 nanometrů pak molekulu natáhli do delšího stavu. Následně použili ultrafialové záření o délce 350 nm, kterým dosáhli zkrácení molekuly zhruba o pět procent.

Dokázali tak, že lze opakovaně přepínat mezi zkráceným a prodlouženým stavem. Připojením zátěže v okamžiku, kdy se molekula zkracovala, a odpojením v okamžiku, kdy se prodlužovala, přinutili mechanismus při každém taktu konat práci. "Právě tak pracuje motor ve vašem automobilu," liboval si v časopise New Scientist biofyzik Hermann Gaub z vědeckého týmu mnichovské univerzity.

Nanomotorek podává neskutečně nízký výkon: při každém taktu se vyvine práce jen 4,5 x 10-20 joule. Jednomolekulový mechanismus se přesto může uplatnit v měřítcích nanosvěta - dala by se jím například pohánět miniaturní čerpadla v budoucích tělových implantátech. Podle Gauba je právě světlo pravděpodobně tím nejvhodnějším pohonným zdrojem takového motoru, který se dobře řídí a obejde se bez nepraktické kabeláže.

Zatím však nanomotor zůstává ideou, byť velmi lákavou. Vědci totiž jeho výkon nepoužili k pohonu nějakého nanostroje. Považují jej pouze za první zjevnou ukázku světlem řízeného mechanického pohybu v systému tvořeném jedinou molekulou. Ukazuje, kam až může věda pokročit v nanoměřítcích, tedy na konečných hranicích výroby a měření.

Nanomotor bude muset být výhledově odolnější a také účinnější než při prvních laboratorních pokusech. Biofyzik Hermann Gaub to komentuje takto: "Potřebovali byste čas a hluboké kapsy, než tím vyděláte peníze. Pak to ovšem pravděpodobně budou velké peníze."

## Jednomolekulový čip

Společnost IBM oznámila 29.08.2001, že se jí podařilo vyvinout první logický obvod, jehož základem je pouze jediná molekula. Základem této nanotechnologie jsou uhlíkové trubičky přibližně 100 000krát tenčí než lidský vlas.

Základem čipu je v tomto případě uhlík, respektive jeho grafitová modifikace. Ta dle okolností může pracovat jako vodič nebo polovodič. V rámci přípravy tranzistoru se přitom může jedna část nechat "spálit" účinkem elektrického proudu v kyslíkové atmosféře a zůstane pouze struktura s vlastnostmi polovodiče.

Ke konstrukci se využívají tranzistory řízené elektrickým polem. Dosud připravené tranzistory z uhlíkovým nanotrubiček byly typu P, tedy šlo o děrovou (elektronově deficientní) vodivost. Ke konstrukci složitějších systémů je však třeba kombinovat tranzistory P a N (elektronová vodivost).

Pro převedení tranzistoru P na N se používalo dosti komplikovaného postupu, který vyžadoval přidání dalšího prvku, draslíku -- ten je jako alkalický kov možným zdrojem eletronů. Nyní je možné jednodušeji provést inverzi i tím způsobem, že budeme nanotrubičku zahřívat ve vakuu a poté ji opět necháme vychladnout v kyslíkové atmosféře. V obou případech dostaneme kombinaci N a P tranzistorů tak, že tranzistory, které chceme uchovat v původní P podobě, vhodným způsobem chráníme. Používá se k tomu vrstvička ochranného nátěru označovaná jako PMMA

Kombinace izolačních a polovodičových částí může doopravdy vést k jednomolekulovým tranzistorům. Nyní je potřeba vyvinout mnohem komplikovanější molekulový design a pokusit se o jeho zapojení.

## Kombinace nanotechnologie s laserovou terapií: vyhlídky na příštích 10 let

Hojení ran pomocí laserového paprsku je spojeno s profesorem Endre Mesterem. První zprávy o jeho pionýrském díle se objevily v roce 1967. K biostimulaci využíval koherentního světla He-Ne laserů (632,8 nm) o výkonu 50 mW. Mesterova skupina byla od začátku úspěšná, ale jen málo výzkumníků mohlo úspěch jejích experimentů s laserovou biostimulací (LLLT) zopakovat.

33 let poté, co byla odborné veřejnosti předložena formule biostimulace, byla do LLLT zavedena rovnice LILAB, která určuje biologické hranice dávky (hustoty energie) a intenzity světla. Nedávné laboratorní experimenty, které ukázaly, že různé individuálně používané vlnové délky laserového světla vyzářené s hustotou energie stejného řádu vyvolaly u krys srovnatelné biologické účinky, by mohly být vykládány jako dodatečný důkaz na podporu rovnice LILAB.

Na 1. konferenci NOA (Nearfield Optical Analysis - Optická analýza blízkého pole) se multidisciplinární skupina deseti vědců z Brazílie, Dánska, Finska, Francie, Izraele, Maďarska, Německa, Saúdské Arábie a USA zabývala otázkou validace účinků LLLT. Jednou z diskutovaných možností bylo provést prostřednictvím optické analýzy blízkého pole (NOA) přímý výzkum molekulárních mechanismů světlem navozených hojivých procesů, k nimž při LLLT dochází. Tato teorie byla natolik slibná, že se prezident ACS Attila Pavláth nakonec o podporu této skupiny začal osobně zajímat a ACS se rozhodla oficiálně sponzorovat 1. konferenci NOA, aby *"zkoumala molekulární mechanismy urychleného a normálního procesu hojení ran",* čímž zcela pominula nepřekonatelnou bariéru, přetrvávající mezi teorií a možnostmi výzkumu. Optická analýza blízkého pole s pomocí Optické skenovací mikroskopie blízkého pole (NSOM) existuje již 10 let, ale nikomu se dosud ještě nepodařilo touto metodou vytvořit za fyziologických podmínek obraz živé buňky.

Dosažení skutečného úspěchu zdánlivě bránily dvě konkrétní příčiny:

(a) problém fungování ve vodním prostředí

(b) "nízký optický kontrast", který je charakteristický pro optické zkoumání neoznačených živých buněk.

První problém byl vyřešen v Evropské Laboratoři pro optickou skenovací mikroskopii blízkého pole (ENSOMA) použitím biosenzorů s pláštěm nepropouštějícím vodu a tak mohl být tento milník představen na 1. konferenci NOA v listopadu 2000.

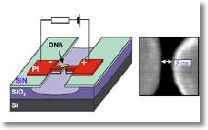
Optická skenovací mikroskopie blízkého pole vytvořila to nejvyšší optické rozlišení, jakého bylo dosud dosaženo, metodou, využívající přenos energie z hrotu optického tělíska (průměr hrotu > 20 nm), oscilující v charakteristickém rozsahu energetického přenosu (~ 10 nm) v blízkém poli povrchu, který má být analyzován. Ozařováním vyvolaný přenos energie mezi vybuzenými molekulami (zdroj) a molekulami receptoru (příjemce), umístěnými do blízkosti molekul zdroje, prostřednictvím molekul v prostoru byl experimentálně potvrzen (Kuhn, 1970).

V průběhu 2. konference NOA v květnu 2001 v Johnsonově středisku kosmických letů v NASA v Houstonu v USA, ko-sponzorované organizacemi NASA a DARPA, jsme na cestě k vyřešení problému "nízkého optického kontrastu" učinili další krok a demonstrovali jsme, že z nanobakterií ve vodním prostředí lze získat čisté obrázky, což byl povzbuzující úspěch. 2. konference NOA, které se účastnilo více než 40 předních mezinárodních fotobiologů, nesmírně pomohla jak LLLT i NOA v tom smyslu, že LLLT/LILAB se mohly během méně než 6 měsíců dočkat přijetí ve vědeckých kruzích ve třech oborech: v civilním, vojenském a kosmickém výzkumu.

Vědecký průlom přišel právě před 3. konferencí NOA (Brazílie, červen 2002) v podobě zveřejnění čistých obrázků v nanometrovém měřítku, na nichž byl zachycen jednak lidský dentin ve vodním prostředí a jednak jako vůbec poprvé i živé endotelové buňky v prostředí tekuté buněčné kultury, čímž se otevřela optimistická perspektiva pro přímou analýzu mechanismů LLLT. Buňky přilnuly na leštěné titanové destičky a byly analyzovány pomocí optických biosenzorů s pláštěm nepropouštějícím vodu, které byly připevněny ke konvenčnímu NSOM mikroskopu. V současnosti se nacházíme v době, v níž se buněčné zobrazování a fotobiologie stávají pro disciplíny se širokým záběrem velice důležitými. Současný pokrok v oblasti NOA nám poskytuje technologii, která je nutná pro rozpoznání vztahů mezi buněčnou činností a různými světelnými podněty na Zemi i ve vesmíru. Zobrazování živých buněk pomocí NOA se ukázalo být ohromným přínosem zejména pro biomedicínské aplikace a pro tkáňové bioinženýrství. Pravděpodobně jen díky NOA dnes můžeme zevšeobecnit naši vizi takto: Čas vyřešil analýzu molekulárních mechanismů vyvolaných LLLT v živých buňkách s hustotami a intenzitami světelné energie a s různými vlnovými délkami koherentního a nekoherentního světla, které jsou v souladu s rovnicí LILAB, což nám dovoluje systematicky porozumět parametrům LLLT a optimalizovat je.

## DNA čipy a DNA počítače

Tým holandských výzkumníku ukázal, ze DNA má zvláštní elektrické vlastnosti a může pracovat jako malinký elektrický drát. Vědci umístili malý fragment DNA (dlouhý 10 nm) mezi dvě elektrody. Aplikací napětí na elektrodách mohli vědci změřit, zda elektrický proud prochází přes DNA molekulu.

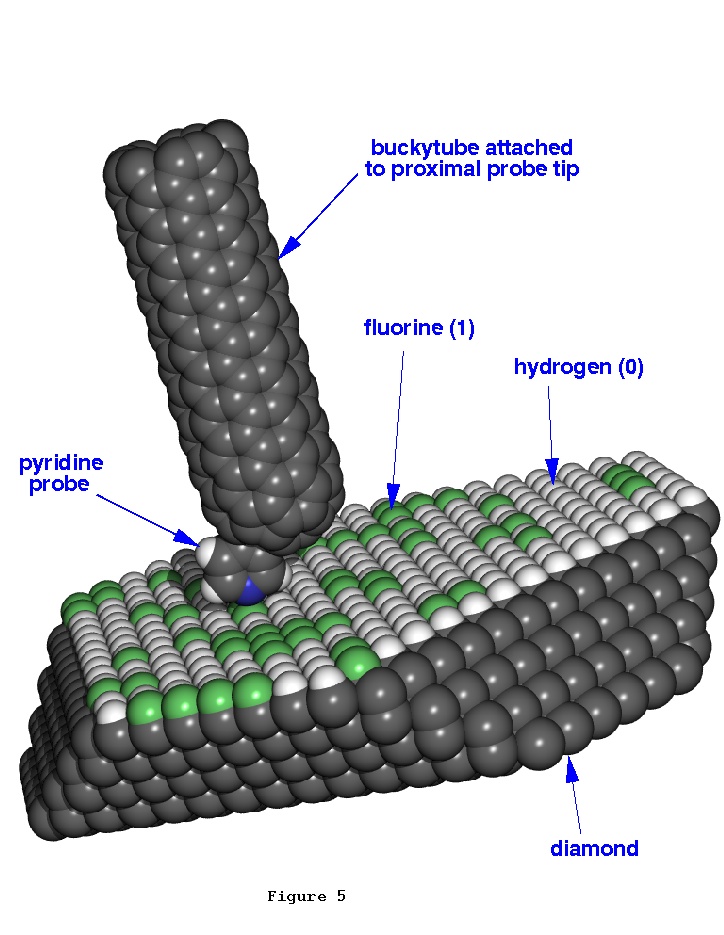
DNA se skládá ze 4 různých stavebních bloků nazývaných báze. Ty se párují dvěma zpusoby: adenin (A) a thymin (T), guanin (G) a cytosin (C). Tyto zpárované báze pak tvoří typickou spirálovitou strukturu DNA. Při testech bylo použito umělé DNA tvořené 30 páry G - C. Při malém napětí se nic neděje. Pri zvýšení napětí za prahovou hodnotu však prochází DNA proud. DNA se tedy chová jako polovodič. Tato vlastnost se dá využít v počítačovém průmyslu, lze tak nahradit křemík a vyrábět čipy o velikosti molekuly.

Jiný způsob využití čipu postavených na bázi znalosti DNA je detekce mutací a informací obsazených v genech. Na nečem podobném pracuje firma Affymetrix, která vyvinula DNA čip, který je schopen "číst" genetickou informaci a rozpoznat různé mutace. Dr. Arnold J. Levine, odborník na léčbu rakoviny z Princeton University, k tomu poznamenal, ze tyto čipy, monitorující tisíce genu najednou, mohou velmi dobře posloužit v boji proti rakovině a dalším geneticky podmíněným nemocím. Firma již také nabízí speciálně upravené zákaznické čipy, které dokází vysledovat mutace ve virech způsobujících AIDS, další podobné čipy pak rozpoznají změny v genu p53, který způsobuje některé druhy rakoviny.

Šéf genetického vývoje firmy Dr. Lockhart potvrdil, že je již k dispozici čip, který rozpozná 6500 lidských genů, jejichž sekvence byly již plně popsány a v dohledné době se plánuje výroba čipu, který by byl schopen detekovat az 50000 lidských genů. Nesmírnou výhodou pro konstruktéry těchto čipů je centrální genetická banka, kde se ukládají výsledky výzkumu všech laboratoří, které se zaměřují na dekódování lidských genů. Pomocí počítače a internetu jsou tedy výrobci čipu schopni ihned vložit do čipu nejnovějsí dekódované sekvence lidského genomu.

Pokroky v lékarské technologii nutně závisí na našem porozumění žijícím systémům. Je proto nutné je prozkoumat a analyzovat do mnohem vetších detailů, než bylo v minulosti možné. Molekulové stroje, operující v lidském těle, by měly kontrolovat různé objekty a zjištěné informace uchovávat ve vnitřní paměti. Tyto stroje by pak byly filtrovány z krve a uložené informace analyzovány. Dostali bychom informace o zdravé či poškozené tkáni a tak získali nové přístupy, jak léčit nemocné a hojit zraněné.

## Uchování informací s použitím atomů fluoru a vodíku

Ralph Merkle a Charles Bauschlicher vyvinuli model vysokokapacitního systému pro uchování informací s použitím atomů fluoru a vodíku.

Další nanotechnologický průzkum by mohl ukázat, že je možné ukládat data na povrch diamantu takovým způsobem, který je 10 milionkrát hustší než kapacita paměti DVD disku, tedy asi 1015 bytu/cm2, pričemž DVD zapisuje zhruba 108 bytu/cm2.

Stan Williams, vědec v laboratořích Hewlett-Packard v Palo Alto, si myslí, ze tímto způsobem by se dal vyřešit exponenciální růst výkonu počítačů, který trvá už přes padesát let (Mooreuv zákon)."Nynějsí metoda výroby počítačových čipů leptáním jemnějších a jemnějších linek do křemíku pravděpodobně vyčerpá svůj potenciál asi do roku 2010.

## Ukázky použití (převzato ze: http://www.imm.org)

|  |  |
| --- | --- |
| http://nanomedicina.sweb.cz/Data/01.jpg | Regulátor pro molekulární montáž |
| http://nanomedicina.sweb.cz/Data/02.jpg | Jednoduché selektivní čerpadlo Neonu |
| http://nanomedicina.sweb.cz/Data/03.jpg | Molekulová rozdílová převodovka |
| http://nanomedicina.sweb.cz/Data/04.jpg | Planetární molekulová převodovka (nová verze) |
| http://nanomedicina.sweb.cz/Data/05.jpg | Planetární molekulová pøevodovka (starší verze) |
| http://nanomedicina.sweb.cz/Data/06.jpg | Diamantové ložisko |

# Výzkum

## USA

Podpora výzkumu a vývoje ve Spojených státech dosahuje 2,8% HDP ročně. Z toho stát přispívá z veřejných prostředků částkou ve výši cca 0,9% HDP. V roce 2000 vzrostly výdaje USA na výzkum a vývoj na 264 mld.USD. Od roku 1994 je to růst v průměru 6% ročně. Z uvedené částky připadá na základní výzkum 17,2%, aplikovaný výzkum 21,5% a vývoj 61,3% . Systém podpory je velmi diverzifikovaný. Rozhodující část finanční podpory federální vlády na výzkum a vývoj je přidělována prostřednictvím řady agentur, z nichž nejvýznamnější jsou tyto:

* Department of Defence - DOD (Ministerstvo obrany), rozděluje cca 54% prostředků
* Department of Energy - DOE (Ministerstvo energetiky), 9%
* Department of Commerce - DOC (Ministerstvo obchodu), 2%
* Department of Transportation - DOT (Ministerstvo dopravy), 1%
* National Institutes of Health - NIH (Národní ústavy zdraví), 16%
* National Aeronautics and Space Administration - NASA (Národní správa pro letectví a kosmos), 13%
* U.S. Environmental Protection Agency - EPA (Národní agentura pro ochranu životního prostředí), 0,7%
* National Science Foundation - NSF (Národní nadace pro vědu), 3%

Institucionálně se podporuje činnost výzkumných a vývojových center, které jsou administrativně spravovány určenou organizací (např. Los Alamos National Laboratory spravuje University of California) a universit. Účelově se výzkumně-vývojová činnost podporuje prostřednictvím programů.

## Německo

Podpora výzkumu a vývoje v Německu se pohybuje okolo 2,4 % HDP ročně. Oblast výzkumu a vývoje lze v Německu rozdělit na dva sektory: sektor, který výzkum provádí a sektor, který výzkum financuje.

Výzkum se provádí na vysokých školách, ve státních a soukromých neziskových organizacích a hospodářské oblasti (průmysl, zemědělství, doprava, zdravotnictví, služby atd.). Na celkových hrubých nákladech na výzkum a vývoj se výzkum na vysokých školách podílí cca 20% (z toho je věnováno na výzkum v oblasti přírodních věd 28%, medicíně 26%, v technických vědách 19% atd.), ve státních a soukromých neziskových organizacích 15% (z toho 36% spotřebovávají tzv. "Velká zařízení"). V hospodářské oblasti se jednotlivé organizace podílejí na podílovém financování projektů a podporují se vlastní výzkumné a vývojové ústavy, např. působící u velkých společností (Bayer, Siemens, Thyssen-Krupp apod.)

V oblasti státních a soukromých neziskových organizací působí výzkumná zařízení na úrovní jednotlivých spolkových zemí či regionů a rezortní ústavy (např. **Bundesanstalt für Materialforschung und - prüfung (BAM), Berlin** a **Physikalisch-technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig**, dále "Velká zařízení" (Grossforschungseinrichtungen-GFE), **Max-Planck-Gesellschaft-MPG**, **Fraunhofer-Gesellschaft-FhG**, ústavy **"Blaue-Liste"-BLE**, Akademie věd a některá soukromá zařízení (musea, knihovny atd.).

V rámci programu BMBF "Nové materiály pro klíčové technologie 21.století" byl na období 9/2000- 2003 vyhlášen podprogram "Biomimetické materiály" s následujícími tématickými okruhy:

* Biofunkcializované povrchy (koroze, tribologie, schopnost samočištění apod.)
* Využití biomorfních, hierarchických struktur v syntetických látkách
* Biohybridní materiály
* Biominerální materiály
* Nosné materiály s bioanalogickými (enzymatickými) funkcemi, např. membrány, filtry, katalyzátory

## Francie

Ve Francii se podporuje výzkum a vývoj ve výši cca 2,3% HDP, z toho z veřejných prostředků ve výši 0,89 % (1999). Za oblast výzkumu a vývoje zodpovídá **Ministerstvo výzkumu**, zřízené v roce 1997. Řízení výzkumu je rozděleno na dvě oblasti: "výzkum" (zejména základní výzkum) a "technologie" (zejména aplikovaný výzkum, inovace atp.).

INSERM, Národní centrum lékařského výzkumu a výzkumu zdraví, bylo založeno v roce 1964 a je společně spravováno Ministerstvy výzkumu a zdravotnictví. Má roční rozpočet cca 2,7 mld franků, spravuje 256 výzkumných laboratoří (na univerzitách a ve fakultních nemocnicích) a zaměstnává cca 10000 pracovníků, z toho téměř 3000 výzkumníků. Centrum zabezpečuje francouzský lékařský základní výzkum v plné šíři. V roce 2000 byla činnost INSERM rozšířena o koordinaci interdisciplinárního výzkumu. Na léta 2000-2004 bylo zřízeno 6 komisí, které mají dbát zejména na to, aby výzkumné projekty byly zaměřeny na strategické výzkumné oblasti (program CRES-Contracts de recherches stratégiques):

* Potřeby populace a organizace zdravotní péče
* Duševní zdraví a patologická psychiatrie (biologické mechanismy, klinický výzkum, faktory zranitelnosti a ochrany)
* Experimentální modely a nové psychologické a psychopatologické metody
* Nová léčiva a terapeutické strategie
* Buněčná terapie, genetika, transplantace a vakcinologie
* Biomateriály, biomechanika, mikroinvazivní chirurgie a robotika

## Finsko

Fisko patří k státům s největší podporou výzkumu a vývoje. V roce 2000 činila celková podpora 3,1% HDP. Z veřejných prostředků to bylo cca 1%. 2/3 podpory pocházejí ze soukromého sektoru, zejména z elektrotechnického a elektronického průmyslu. 41% veřejných prostředků je přidělováno Ministerstvem školství, vědy a kultury, a to prostřednictvím Finské akademie (Academy of Finland). Prostředky jdou na základní výzkum prováděný především na 21 univerzitách (cca 80% prostředků). 36,6% veřejných prostředků je přidělováno Ministerstvem obchodu a průmyslu, a to prostřednictvím Centra pro technologický rozvoj (TEKES). Další menší prostředky rozdělují Ministerstvo zemědělství a lesnictví, Ministerstvo sociálních věcí a zdravotnictví a Ministerstvo obrany. Adresáty podpory výzkumu a vývoje jsou vysoké školy (institucionální podpora), dále se podpora provádí prostřednictvím národních výzkumných programů, národních technologických programů a zdroje jsou alokovány rovněž na základě veřejné soutěže.

V létech 1997-1999 probíhal program "Nanotechnologie" s rozpočtem 9 mil. ECU, společně financovaný Finskou akademií a TEKES. V rámci programu bylo řešeno 14 projektů, které byly zaměřeny na široké spektrum problémů (nanobiologie, samoorganizující se struktury, funkční nanočástice, nanoelektronika a biomateriály pro informační technologie). Jedním z výsledků programu bylo, že se Finsko prezentovalo jako země s výzkumem nanotechnologií na vysoké úrovni. V rámci řešení projektu získalo 94 studentů svoje inženýrské a doktorské hodnosti, bylo přihlášeno 6 patentů a publikováno 260 článků v mezinárodních časopisech. Na řadě pracovišť se vytvořily týmy schopné řešit náročné výzkumné projekty v oblasti nanotechnologií (VTT-Electronics, Espoo, University Jyväskylä, Abo Academi, University Joensuu, Helsinky University of Technology, Helsinki University, University Oulu, Tampere University of Technology, Nokia Research Center a další). Program byl vyhodnocen v roce 2000 . V současné době neprobíhá žádný program speciálně zaměřený na nanotechnologie a nanomateriály.

* **Bioinformatika.** V rámci tohoto programu bylo v roce 1999 založeno strategické výzkumné centrum : "Stockholm Bioinformatics Center", jehož práce se účastní Stockholm University, Royal Institute of Technology a Karolinska Institutet. Činnost centra je plánována na 5 let. Výzkum v oblasti nanorozměrů probíhá např. v subprogramu "Protein families - molecular modelling and predictions" a projektu "Membrane protein assembly and structure".
* **Buněčná továrna pro funkční genomiku.** Národní síť pro strategický výzkum exprese proteinů, kombinatoriální proteinovou chemii a proteomiku byla ustavena v roce 1998 na 5 let. Sítě se účastní 6 švédských univerzit.
* **Strategický výzkum nukleových kyselin (SNAR).** Program byl zahájen v roce 1998 a má dobu trvání 5 let a je zaměřen na základní oblasti chemie, struktury a biofyzikálních vlastností nukleových kyselin a modelových systémů, molekulární funkci RNA a enzymatickou syntézi DNA prekursorů. Programu se účastní 22 výzkumných pracovníků z 8 vysokých škol. Program sestává z následujících oblastí: nukleové kyseliny-interakce a identifikace; inženýrství nukleárních kyselin-syntéza a struktura; biologie RNA-struktura, funkce a aplikace; biosyntéza DNA enzymů.
* **Strukturální biologie (SBNet).** Síť výzkumných pracovišť zaměřená na výzkum, výchovu studentů a doktorandů, organizování workshopů a konferencí, studijních pobytů atd. Centrum sítě je na Uppsala University. Síť sdružuje strukturální biology z univerzit i průmyslu, kteří se zabývají: biomolekulární rtg. krystalografií, NMR spektroskopií biomakromolekul s vysokou rozlišitelností, elektronovou mikroskopií biomakromolekul s téměř atomovou rozlišitelností a počítačovým modelováním biomakromolekul. Program je pětiletý a byl zahájen v roce 1998.

## Česká republika

Nano-aktivity v ČR:

ČSNMT

Projekt Minatech

Program COST

Program EU

## ****Nanotechnologie v 6. rámcovém programu EU****

V návaznosti na realizaci programu "Vytváření Evropského výzkumného prostoru" navrhla Komise EU v květnu 2001 vyhlásit na období 2002-2006 6. rámcový program výzkumu, technického rozvoje a demonstrací. Jedna ze tří hlavních aktivit - "Integrovaný výzkum" - je rozdělena do sedmi tématických oblastí:

* Genomika a biotechnologie pro zdraví
* Technologie pro informační společnost
* Nanotechnologie, inteligentní materiály, nové výrobní procesy
* Letectví a kosmický výzkum
* Bezpečnost potravin a zdravotní rizika
* Trvale udržitelný vývoj a globální změny
* Občané a vládnutí v evropské znalostní společnosti

S výzkumem **nanotechnologií** a **nanomateriálů** se uvažuje především v tématických oblastech genomika a biotechnologie pro zdraví, technologie pro informační společnost a nanotechnologie, inteligentní materiály a nové výrobní procesy.

## Genomika a biotechnologie pro zdraví

V rámci tématické oblasti se uvažuje s následujícími výzkumnými prioritami:

* **Základní poznatky a nástroje funkční genomiky**
* Výzkumná činnost by měla zahrnout studium intenzity uplatnění (exprese) genů a proteomiky, strukturální genomiku, srovnávací genomiku a genetiku populace a bioinformatiku. Výzkum by měl probíhat v nanorozměrech při studiu funkcí a interakcí proteinů, třírozměrné struktury proteinů a makromolekul atd.
* **Aplikace genomiky a biotechnologie pro zdraví**
* Cílem této priority je podpora konkurenceschopnosti evropského biotechnologického průmyslu a dosažení pokroku v biotechnologiích. Bude podporována spolupráce akademické sféry s průmyslovou (technologické základny) a inovativní výzkum genomiky v začínajících (start-up) firmách.
* **Aplikace v lékařství a zdravotnictví**
* Výzkumná činnost by se měla zaměřit především na boj s rakovinou, kardiovaskulárními chorobami a s vzácnými chorobami a rovněž na výzkum vzrůstající odolnosti patogenů proti lékům. Další významnou oblastí je studium mozku a boj s chorobami nervového systému a rovněž studium lidského vývoje a procesů stárnutí. Zejména v této poslední oblasti bude výzkum probíhat rovněž studiem rozhodujících molekulárních a buněčných činitelů, působících na procesy stárnutí.
* **Konfrontace s hlavními nakažlivými chorobami, které vedou k chudobě**
* Strategickým cílem této priority je konfrontace se světovým ohrožením způsobeným třemi hlavními nakažlivými chorobami : HIV/AIDS, malárií a tuberkulózou. Předpokládá se široce založený výzkum zahrnující rovněž základní molekulární výzkum, využití mikrobiální genetiky atd.

# Závěr

## Nejbližší vývoj

Vědcům a lékařům je čím dál víc jasnější, že vstup této technologie do lidského života na sebe zřejmě nedá dlouho čekat. Jak je vidět, nápadů je kolem NT dost a dost. Teď záleží jen na lidských možnostech a schopnostech, kdy je bude možno uvést do praxe. Prozatím se můžeme setkat hlavně s počítačovými modely, i když první předvoj se již objevuje.

V poslední době se objevily, výše zmiňované, molekulární motory. Nejsou však prozatím dostatečně účinné na to, aby se daly využít k pohonu něčeho jiného než vlastního rotoru. K vidění jsou také molekulární přepínače, které však dokážou změnit stav pouze jednou. Funkční příklady z mikrosvěta ovšem už existují, takže teď zbývá jen sestoupit v měřítku o pár řádů níž

Zatím nanotechnologie zůstává jen relativně malým průmyslem s velkými překážkami.

Možnosti budování dokonalých čipů pomocí nanotrubic zastinují i etická znepokojení. Slučování lidí se stroji a možnost nesmrtelnosti urazí pravděpodobně nějaké náboženské názory. Pokročilá lékařská ošetření možná díky nanotechnologii budou jen pro bohaté, nanoroboti v našem těle 'zdivočí', nanozbraně budou nebezpečnější než jaderné zbraně (na druhou stranu obranná jednotka složená z nanorobotů by měla odrazit jakýkoliv útok), všemožné zásahy do soukromí apod.

## Kdy přijde čas Nanotechnologie?

Obhájci i kritici jsou často postaveni před otázku "kdy?". Zde jsou tři možné odpovědi:

1.

Nikdo neví. Je zde mnoho proměnných a neznámých.

2.

Čas nanotechnologie bude měřen v dekádách, ne v rocích. Zatímco několik aplikací se stane skutečností během přístích pár let, vyrobit programovatelného nanorobota bude nesmírně obtížné.

3.

Čas nanotechnologie bude velmi záviset na vynaloženém úsilí, které se pak bohatě odmění.

Zdroj: http://nanomedicina.sweb.cz/