

Fakulta strojního inženýrství
Ústav konstruování

Faculty of Mechanical Engineering
Institute of Machine and Industrial Design

Nanoroboti

Bakalářská práce
Bachelor Work

Autor práce: **Lukáš Haluza**
Author

Vedoucí práce: **doc. Ing. Ivan Křupka, Ph.D.**
Supervisor

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2006/07

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Haluza Lukáš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nanoroboti

v anglickém jazyce:

Nanorobots

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Mikro- a nanomechanismy postupně nacházejí uplatnění mj. u výpočetní a zdravotnické techniky, čímž jsou vytvářeny předpoklady pro vývoj nových miniaturních strojů a jejich aplikaci.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je popis přístupů k řešení problémů spojených s návrhem a realizací nanorobotů v závislosti na konkrétních aplikacích. Bakalářská práce musí obsahovat:

1. Definice nanorobotů a jejich charakteristika
2. Oblasti aplikací nanorobotů
3. Perspektivy jejich praktického využití

Seznam odborné literatury:

Senturia, S.D.: Microsystem design, Kluwer Academic, 2001

Patel, G.M., et al.: Nanorobot: A versatile tool in nanomedicine, Journal of drug targeting, 2006, 14 (2): s. 63-67.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Ivan Křupka, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2006/07.

V Brně, dne 7.12.2006

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je seznámit i laickou veřejnost s nanotechnologií a nanoroboty. První část je věnována nanotechnologii jako vědě, popisu nanosvěta a vysvětlení pojmů. Druhá část se věnuje nanorobotům, jejich konstrukci, úspěchům jež bylo dosaženo, oblastem jejich použití, plánům a překážkám bránícím k jejich plnému zavedení do běžného života.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nanotechnologie, definice, historie, průkopníci, Nanoroboti, konstrukce, oblasti použití, plány do budoucna, mezníky

ABSTRACT

The point of Bachelor's work is to illustrate Nanotechnology and Nanorobots to all. The first part is about Nanotechnology as a science, about description of nanoworld and its explaining a technical terms. The second part is about nanorobots, their construction, successes what have done, areas of usage, plans and problems that are inhibiting to their full usage in ordinaly life

KEYWORDS

Nanotechnology, definitions, history, initiators, Nanorobots, areas of usage, future plans, history turning points

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HALUZA, L. *Nanoroboti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 29 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ivan Křupka, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Ivan Křupkovi, Ph.D za jeho odborné vedení při tvorbě práce, za jeho cenné rady a připomínky.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *NANOROBOTI* vypracoval samostatně pod vedením doc.Ing. Ivan Krupka, Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 14.října 2008

vlastnoruční podpis autora

OBSAH

OBSAH	11
ÚVOD	12
1. NANOTECHNOLOGIE	13
1.1 Definice	13
1.2 Průkopníci	13
1.3 Odvětví nanotechnologie	15
1.3.1 Molekulární nanotechnologie (MNT)	16
1.3.2 Nanobiotechnologie	17
1.3.3 Nanoprášky a nanomateriály	18
2. NANOROBOTI	20
2.1 Definice	20
2.2 Oblast aplikací nanorobotů	21
2.3 Příklady ze zdravotnictví s výhledem za 10 let	21
2.4 Jak bude nanorobot pracovat	21
2.5 Atomic Force Microscope (AFM)	22
2.6 Pohánění nanorobota	23
2.7 Navigace	23
2.8 Pohyb nanorobota	24
2.9 Mezníky v dějinách nanotechnologie	25
3. ZÁVĚR	27
4 POUŽITÁ LITERATURA	28
5. SEZNAM OBRÁZKŮ	31
6. SLOVNÍK SYMBOLŮ A JEDNOTEK	33

ÚVOD

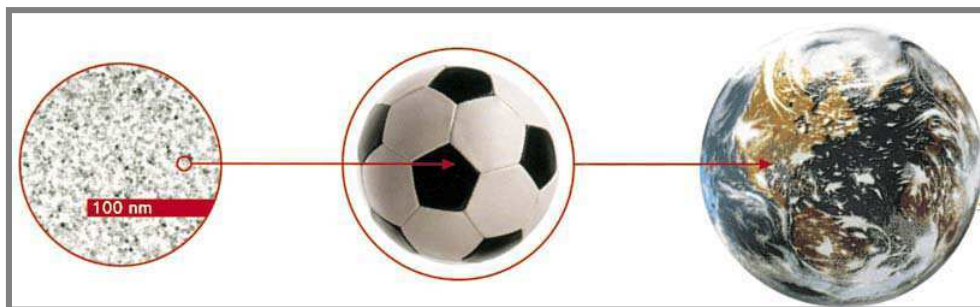
Co nás v budoucnosti čeká, kam až může vést výzkum nových mikro a nanotechnologií a jak malé mohou stroje být, jaké jsou výhody a potenciální rizika této technologie? Kam až povede neustálé zmenšování a miniaturizace všeho možného a kde se vůbec zastaví? Neobrátí se veškerá snaha nakonec proti nám samotným, proti lidstvu?

Je toho ještě spoustu, co nám nanotechnologie nabízí a ještě více toho co před námi ještě skrývá. Zlomek toho vám zkusím nastínit ve své práci.

1. NANOTECHNOLOGIE

1

Předpona „nano“ pochází z řeckého jazyka a označuje „trpaslíka“, avšak ve vědě a technice znamená 10^{-9} , tj. jedna miliardtina ($=0,000000001$). Jeden nanometr (nm) je miliardtina metru, což znamená, že je stokrát kratší než vlnová délka světla. Obyčejný virus chřipky má například velikost 100nm a lidský vlas v průměru 200 μ m, což je 200 000nm.



Obr. 1 Porovnání velikosti nanorozměrů

1.1 Definice

1.1

Termínu nanotechnologie bylo poprvé použito v roce 1974 v Tokiu univerzitním profesorem Norio Taniguchim při popisování výrobních technologií a měřicí techniky, kterými lze dosáhnout cílené přesnosti v nanometrech. V zásadě se dá popsat jako technický obor, zabývající se tvorbou a využíváním již známých technologií na úrovni atomů a molekul uplatňující se v reálném světě. Je to věda pracující na molekulární úrovni, vytvářející principiálně stejné elektronické součástky, strojky, plošné spoje, mechanismy atd.

1.2 Průkopníci

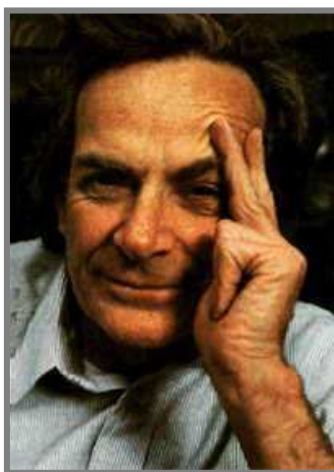
1.2

Profesor Taniguchi se o nanotechnologii zmínil, avšak průkopníkem nebyl. Stal se jím držitel Nobelovy ceny za fyziku Richard Philips Feynman, jenž na své přednášce, dnes již památné, u amerického fyzického společenského setkání u Caltech 29. prosince 1959., nazvané “There’s Plenty of Room at the Bottom” (Tam dole je spousta místa), pojednávající o tom, že v budoucnu budeme schopni výroby a manipulace s částicemi velikosti atomu, doslova vyrazil dech užaslému vědeckému publiku. Dále poukázal na skutečnost, že celá příroda pracuje na úrovni atomů a molekul. Feynman se s drzostí sobě vlastní vědeckého světa zeptal „když to dokáže příroda, proč ne my?“ Nikdo ze seriózních vědců, zastánců elektronek a rozměrných počítačů, mu nevěnoval dostatečnou přízeň, považovaly ho za blázna a fantastu. Výrok britského autora science fiction a vynálezce Arthur C. Clarka popisuje fáze výzkumu. Nové myšlenky procházejí třemi stádii:

- To není možné
- Mohlo by to být možné, ale bude to k ničemu
- Věděl jsem celou tu dobu, že je to dobrý nápad!

V následujících desetiletích se Feynmanovi dostalo zaslouženého uznání. Nástupem mikroprocesorů dostaly počítače úplně jiný rozměr, už nebylo potřeba velkých místností

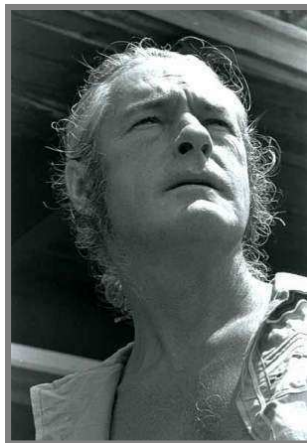
a hal, jako počítačových pracovišť, začaly se utvářet do podoby, jak je známe dnes a stále se zmenšují. Objevila se také teorie uspořádání molekul a rastrovací kvantový mikroskop, s jehož pomocí mohl člověk konečně nahlédnout do „nano“světa. Byla to doba rozvoje mikrosystémového a genetického inženýrství a prvních úspěšných pokusů manipulací s atomy. Dalším v řadě průkopníků se stal americký vědec a vizionář Kim Eric Drexler, také držitel Nobelovy ceny za fyziku, známý též jako otec nanotechnologie. Stejně jako Feynman, i Drexler byl zpočátku vědeckým světem zavrhován. Svou knihou „Engines of Creations“ („Stroje stvoření“) přispěl k rozvoji tohoto oboru a rozšíření pojmu nanotechnologie širší veřejnosti. Prvními dvěma větami z této knihy „všechno se skládá z atomů a je jedno, co z toho vzejde: země, voda, auto nebo jahody. Jde pouze o to, jak jsou tyto atomy uspořádány.“, bylo jasné, v co Drexler věřil. Dále kniha popisuje jakýsi „nano“svět, fungující na principech světa našeho, jen s tím rozdílem, že místo biologických organismů se objeví roboti nanoskopických rozměrů schopné se reprodukovat, zdokonalovat a vzájemně se dorozumívat mezi sebou. Posledním a určitě neméně významným průkopníkem byl kontroverzní doktor psychologie, filozof, publicista a vědec Timothy Leary, známý svým bezmezným technokratickým optimismem a kladným postojem k psychotropním látkám. Byl extravagantní, nadšenou, moudrou i bláznivou autoritou, podle jedněch nejtvůřivějším, podle jiných nejnebezpečnějším člověkem na světě. Byl dokonce i zatčen, obviněn a odsouzen za přechovávání a šíření drog. 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 bolesti a chorob. Stavba tryskových motorů by se stala záležitostí jedné minuty, vyrostly by znenadání a dokonale jako krystaly z kapalných roztoků obsahující nanostroje. Neomezeně.“



Obr. 2 Richard Phillips Feynman

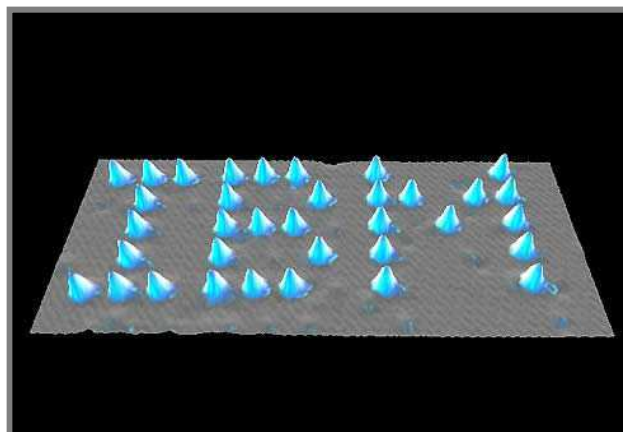


Obr. 3 Kim Eric Drexler



Obr. 4 Timothy Leary

V roce 1990 vědecký tým společnosti IBM napsal pomocí tunelového skenovacího mikroskopu logo své firmy na niklový plát 35 izolovanými xenonovými atomy, čímž zrealizovali a potvrdily myšlenky výše uvedených vědců.



Obr. 5 Logo firmy IBM na niklovém plátu

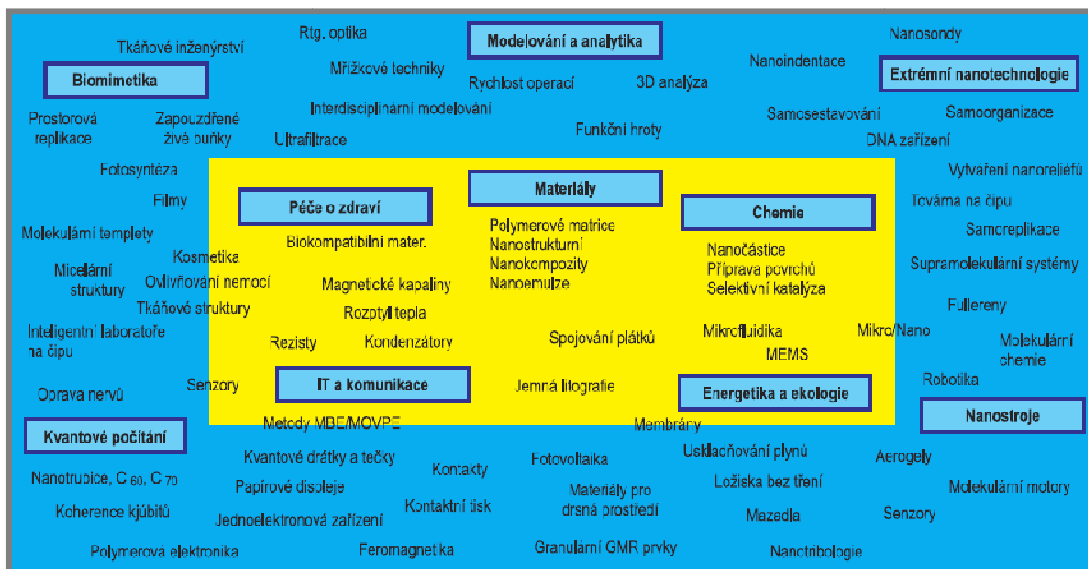
1.3 Odvětví nanotechnologie

Již v úvodu jsem naznačil, že nanotechnologie zasahuje do mnoha odvětví, její rozšíření a použitelnost je možná takřka všude:

- molekulární Nanotechnologie (MNT) Bionanotechnologie
- Nanoelektronika

- Nanomedicína
- Nanomateriály
- Nanoroboti

Jde o stručný výčet hlavních směrů, myslím, že i nejdůležitějších pro budoucnost. Dalšími odvětvími jsou například nanochemie, nanoelektronika, nanooptika (nanofotonika), nanoanalitika atd.



Obr. 6 Oblasti související s nanotechnologií

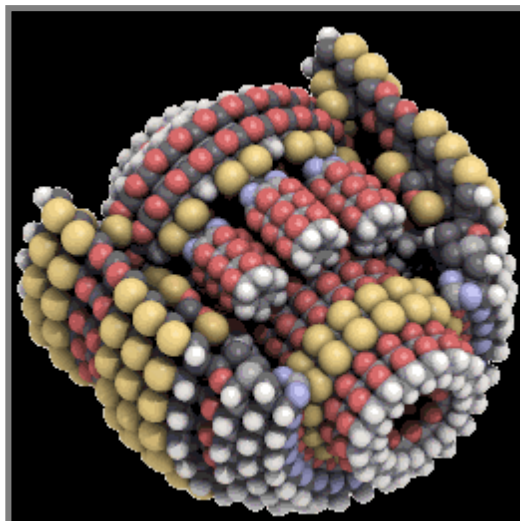
1.3.1

1.3.1 Molekulární nanotechnologie (MNT)

Zabývá se výrobou přesných „molekulárních strojů“. I tato oblast, jako už řada dalších, je vědci prozkoumána a bylo dosaženo již několika pokroků, např. vývoj molekulárních nanomotorků či různých manipulátorů. Právě v této rovině dochází k, církvi tolik zavrhovanému, spojení člověka se strojem, spojení nanotechnologie a biotechnologie. Vědci se snaží zkoumáním buněk napodobit jejich vlastnosti a využít je k tvorbě samoreplikujících se strojů.



Obr. 7 část mikroeletromechanického systému (MEMS). Rohatkový systém

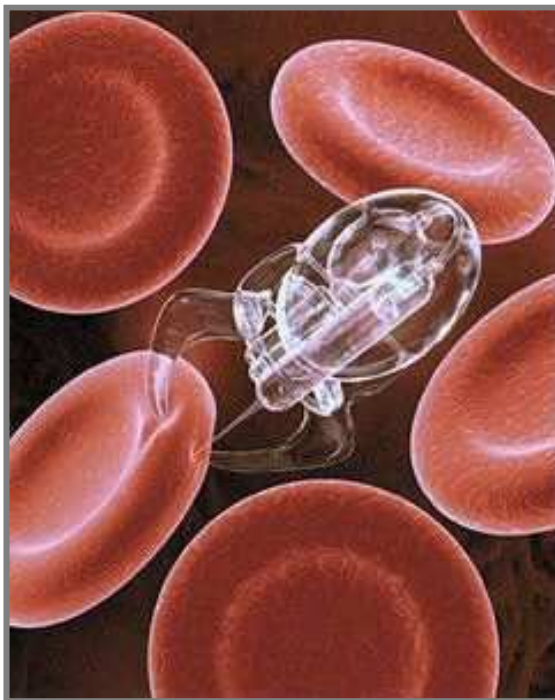


Obr. 8 MarkIII(k) – planetové soukolí

1.3.2 Nanobiotechnologie

Zkoumá využití nanomateriálů, zobrazovacích nanotechnologických metod a nanozařízení při zkoumání biologických systémů, v diagnostice, při vývoji nových léků a v dalších oblastech. Nanotechnologie nabízí pro medicínské směry nové způsoby odhalování a léčení chorob, cílená dodávka léků, regenerativní medicína, nahrazování částí lidského těla apod. V budoucnosti pro zlepšení výkonu člověka a zvýšení smyslové kapacity apod.

1.3.2



Obr. 9 Předpokládané využití bionanotechnologie

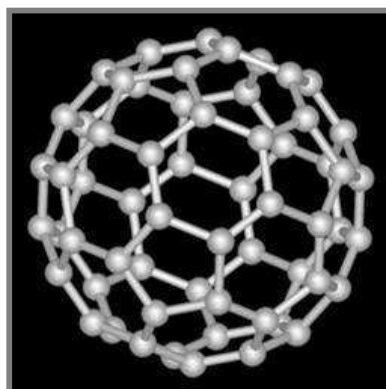
1.3.3

1.3.3 Nanoprášky a nanomateriály

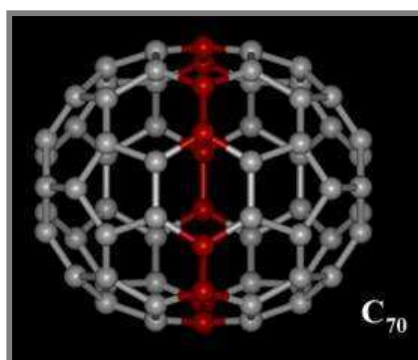
Na rozdíl od nanomateriálů jsou nanoprášky nejen prozkoumané, ale již i hojně využívané v mnoha aplikacích. Například při výrobě rtěnek a líčidel, dále jako otěruvzdorné povlaky řezných nástrojů a komponent. Dokonce jsem i četl o ponožkách s nanovláken, jež zabráňují pocení a následnému zápahu nohou. S přísadou např. TiO_2 se vyrábějí laky s reflexními vlastnostmi. Do této skupiny patří bezesporu i materiály složené z fullerenu. Propagátor nanotechnologie, američan Richard Errett Smalley získal nobelovu cenu za jejich objev, mohly by se s největší pravděpodobností stát základem dnešních nanotechnologických materiálů a samozřejmě i nonorobotů. Vhodným rozmístěním atomů uhlíku, vznikne velice pevný uhlíkový útvar, což je podstatě molekula uhlíku C_{60} (tedy tvořená šedesáti atomy), která při velkém zvětšení vypadá jako fotbalový míč sešitý z šestiúhelníkových a pětiúhelníkových kousků. Svě jméno dostal fullerén nikoli po fyzikovi, jak by každý jistě očekával ale architektovi R. Buckminster-Fullerovi, který používal tuto strukturu k výstavbě stánků na veletrzích. Druhů fullerenu je ovšem víc. Materiál tvořený z fullerenu může být 50 až 100 tvrdší než ocel, takže tvrdostí směle konkuruje i diamantu. V porovnání s železem jde doslova o bláto.



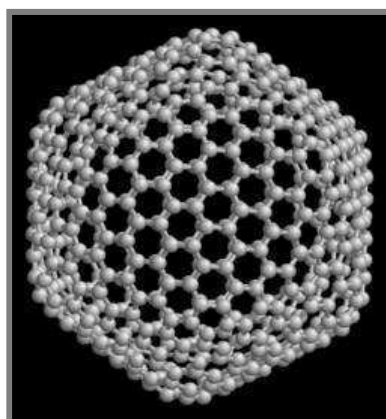
Obr. 10 Richard Buckminster Fuller



Obr. 11 Fulleren C_{50}



Obr. 12 Fulleren C_{70}



Obr. 13 Fulleren C_{540}

2. NANOROBOTI

2.1

2.1 Definice

Nanorobot je miniaturní stroj konstruován k vykonání specifické práce i opakovaně a s nanometrickou přesností, což je oblast nanometrů a méně. Nanoroboti nacházejí uplatnění v aplikacích montáže i údržby daného systému. Nanoroboti jsou konstruováni ke stavbě různých mechanismů a zařízení na atomární nebo molekulární úrovni. Může také vyrábět kopie sama sebe, tak zvané sebereplikovat se.

Při vyslovení slova nanorobot si jistě řada z nás vybaví britský komediální seriál „Červený trpaslík“. Android zvaný Kryton se o nich nejednou zmíní. Jeho výklad mi sice zněl trochu fantasticky, ale po získání dalších informací o nanotechnologii jsem zjistil, že o výmysly v žádném případě nejde.



Obr. 14 Android Kryton

Popisuje je takto:

Nanoboti: Nejprve rozloží každý předmět na atomy a pak je znovu uspořádají tak, že je všechno opravené. Dovedou přeskupovat atomy tak, že vezmou tužku složenou z grafitu, trochu přehází atomy a udělají z ní diamant, jehož základním prvkem je taktéž grafit. Dalšími ze seriálů, jistě neméně známými jsou např. Startrek a Stargate(Hvězdná brána), kde se zrodila celá civilizace s nanorobotickým základem. Bohužel v obou seriálech se stanou nepřáteli lidské rasy, což je vize, kterou s nástupem robotů řada futurologů předpovídá. Před hrozbou vzpoury robotů byly definovány tzv. Zákony robotiky spisovatelem populárních, převážně sci-fi děl Isaakem Asimovem. Byl to ruský Američan u nás známý jako autor science fiction se zaměřením na robotiku. Je považován za otce celé robotické etiky.

Zákony zní:

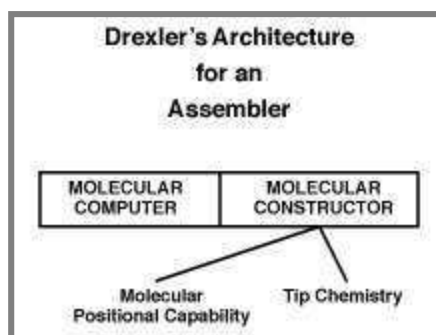
1. Robot nikdy nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby člověku bylo ublíženo.
2. Robot musí vždy uposlechnout příkazů člověka kromě případů, které jsou v rozporu se zákonem číslo jedna.

3. Robot musí chránit sám sebe kromě případů, které jsou v rozporu se zákonem číslo jedna nebo se zákonem číslo dvě.

2.2 Oblast aplikací nanorobotů

2.2

Největší uplatnění těchto robotů vědci vidí ve zdravotnictví k vylepšení našeho zdraví. Předpokládá se jejich zavedení do lidského organismu, kde mohou pracovat jako nosiči léků či protilátek přímo na postižené místo, nebo léčení nemocí nereagujících na běžné metody, vyhledávat a zabíjet choroboplodné zárodky a toxicky působící molekuly, spojovat neutrony v mozku i zlomené kosti a samozřejmě v budoucnu i kompletní obnovení chybějících orgánů. Představme si teď, že jste u doktora a ten vám místo tradičních, ne vždy příliš efektivních léků píchne pár těchto nanorobotů naprogramovaných tak, aby našli a zničili nebezpečné bakterie a zárodky nemocí aniž by poškodili okolní tkáň. Doktor bude dále schopen v reálném čase sledovat váš zdravotní stav a také i měnit příkazy robotů k přechodu na další fázi léčení. Stroje nanoskopických rozměrů mohou pracovat mnohonásobně rychleji než jejich několikanásobně větší předchůdci a to díky minimálním posuvům a téměř nulovému tření.



Obr. 15 Drexlerův model nanorobota

2.3 Příklady ze zdravotnictví s výhledem za 10 let

2.3

- Běžné používání kmenových buněk na obnovu poškozených tkání
- Účinné prostředky na prodloužení života
- Běžné léky, které budou cíleně distribuovány jen do nemocných orgánů
- Nanoroboty, které budou čistit cévy od nánosu cholesterolu a tuku
- Nanoroboty v těle, které budou hlídat zdravotní stav organismu
- Umělé klouby všeho druhu
- Umělé cévy, krev, kůže, kosti
- Umělé oči a sluchové analyzátory

2.4 Jak bude nanorobot pracovat

2.4

Úspěšným zavedením robotů do zdravotnictví bude vyřešena a urychlena léčba většiny chorob. S použitím nanotechnologie by měl pacient teoreticky méně trpět. Několik inženýrů, vědců a doktorů věří, že možnosti nanorobotů jsou prakticky neomezené. Jsou schopni léčit nemoci, jakými jsou např. ateroskleróza, ucpané cévy tak, že budou čistit stěny od nánosů cholesterolu a mnoho dalších. Takové použití nanorobotů je jedno z nejnebezpečnějších. Robot musí být schopen odstranit překážku, aniž by mu unikl sebemenší kousek do krevního oběhu, odkud může

cestovat kamkoli po celém těle a způsobit tak ještě větší problémy, zároveň musí být také dostatečně malý, aby nebránil průtoku krve. Doktorů doufají, že je budou i schopni použít k léčbě rakoviny. Za použití laseru, mikrovln či ultrazvuku mohou zabít zárodek dříve, než se rozšíří. Mohou být i součástí chemoterapie a dodávat léky přímo na postižené místo. Malá dávka přesně mířených léků může být účinnější než tradiční léčba. Ledvinové kameny dokáží být silně bolestivé, čím větší jsou, tím je bolest větší. Nanorobot může kámen jednoduše rozbít pomocí laseru. Mohou dále posloužit při odstraňování poškozené tkáně a cizích předmětů z ran a tím i snížit riziko infekce, nebo být užiteční u zranění, jejichž léčba by byla konvenčními metodami obtížná.

Tým amerických chemiků z Northwestern university v Evanstonu přišlo na nový způsob léčení infarktu myokardu za využití nanotechnologie, přesněji řečeno nanovláken. Jde o objev tzv. amfifilního peptidu, jež výrazně urychluje hojení poškozené tkáně. Pracuje na principu tvorby dlouhých nanovláken, která se uchyťí na poškozené tkáni a zahájí proces scelování. První testy tohoto peptidu, byly prováděny na laboratorní myši. Výsledek předčil očekávání, po měsíci léčení bylo srdce opět schopno dosáhnout téměř stejných výkonů jako před infarktem. Peptidy ovšem nemohou fungovat bez přítomnosti růstových faktorů v okolí poraněné tkáně, z toho důvodu je důležitá kontrola jejich koncentrace.

2.5

2.5 Atomic Force Microscope (AFM)

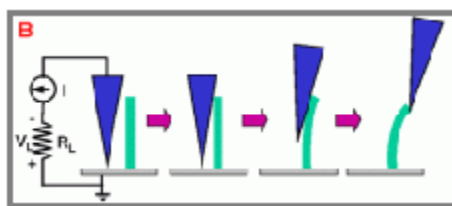
K vyrobení takhle malého robota je ovšem zapotřebí více než jen zákonů a trocha teorie. V první řadě, jej musíme vidět a mít nástroj tak malý aby s ním dokázal manipulovat. V květnu 2003 zveřejnil japonský tým Osacké univerzity, že se jim podařilo vyvinout novou metodu přemísťování atomů pomocí zařízení nazvaného atomový silový mikroskop (Atomic Force Microscope) Zařízení umožňuje z povrchu elektricky vodivé i nevodivé látky vyjmout jediný atom a přemístit jej na jiné místo a to pouze mechanickou cestou. Za pomocí AFM je už výroba možná.



Obr. 16 Atomic Force Microscope

2.6 Pohánění nanorobota

Když už máme robota sestaveného, potřebujeme způsob, jakým ho budeme pohánět. Tato otázka vědce trápila dlouhou dobu. Baterie nanoskopických rozměrů bohužel uskladní jen malé množství energie, jen zlomek toho co nanorobot potřebuje. Dalším záporem je složení baterie, je tvořena především z toxických materiálů, takže její přítomnost v lidském těle by bylo zdraví nebezpečné. Až před časem došly k několika variantám, které se mohou v budoucnu projevit jako ty pravé. Ovšem většina z nich má opět i své zápory. Například nukleární pohonná jednotka by byla více než efektivní, potřebné množství paliva je velmi malé a podle několika vědců i snadno odstínitelné a zcela neškodné. Kdo z nás by si ale nechal do těla vpravit nukleární motorek. Japonští vědci z amerického Georgia Institute of technology v čele s profesorem Zhong Lin Wangem v dubnu 2007 předvedli prototyp nanogenerátoru, který vytváří nepřetržitý stejnosměrný elektrický proud. Zpracovává nevyužité mechanické energie z okolního prostředí – například ultrazvukových vln, mechanických vibrací (třeba lidské chůze) nebo krevního proudu v lidském těle. Vědci sestrojili nanogenerátor, který využívá piezoelektrický jev k přeměně mechanické energie na elektrickou. Když se nanodrát z oxidu zinečnatého elasticky zdeformuje (ohne), vznikne na jeho konci piezoelektrický náboj. Spojením mnoha nanodrátů a jejich současným ohýbáním vznikne dostatek elektrické energie k pohonu strojů miniaturních rozměrů. To by mohlo vyřešit otázku napájení.



Obr. 17 Průběh přejezdu hrotu přes nanodrát

2.7 Navigace

K ranám a nádorům se robot musí nějak dostat, je tedy zapotřebí navigace a zajištění pohybu robota. Jednou z možností je navádět pomocí ultrazvuku, jímž se detekuje poloha a vede jej správným směrem. Doktor vyšle signál do pacientova těla, který jím projde a vrátí se zpět do zdroje. Nanorobot může také emitovat pulzy, které následně doktor přijímá speciálním zařízením. Dalším způsobem je použití strojů na magnetickou rezonanci (MRI). Doktor je schopen robota nalézt a vést za pomoci jeho vlastního magnetického pole. Tato myšlenka již byla i zrealizována, ovšem s využitím malé magnetické částice namísto robota. Byly to inženýři a doktoři z Eagle Polytechnique de Montreal kteří demonstrovali, jak lze robota nalézt, řídit a kontrolovat jen za pomoci MRI. Toto řešení by bylo jistě velice oblíbené a žádané, protože většina nemocnic toto zařízení již vlastní a nebude muset investovat spoustu peněz do nových, drahých a neprověřených technologií. Dokonce i píchnutím radioaktivního prvku může být robot stopován v krevním oběhu. Poté mohou použít fluoroskop nebo jiné zařízení k detekování tohoto prvku. Soubor obsahující 3D obrázky bude ukazovat kde se nanorobot nachází. Další a neméně zajímavou alternativou je, že robot zanechá za sebou radioaktivní stopu při pohybu, kterou bude doktor sledovat.

2.8 Pohyb nanorobota

Musíme mít ale na paměti, že nanorobot není konstruován tak, aby se nechával unášet krevním oběhem. Mohou nastat situace, kdy bude nucen plout proti toku krve. Z toho důvodu musí být vybaven něčím, co mu tento pohyb umožní. Tento systém by měl být dostatečně silný vzhledem k velikosti robota a také šetrný k okolní tkáni. Odpověď vědci nalézají v přírodě. Buněčný organismus zvaný Paramecium se prostředím pohybuje pomocí malého ocásku zvaného Cilium. Za pomoci vibrací je schopný plavat v jakémkoli směru. Dalším možný je pohon založený na principu proudového letounu. Miniaturní proudové pumpy, používající krevní plazmu k pohybu. Bohužel jsou nutné pohyblivé části, což výrobu znesnadňuje. Vědec z americké St. Andrew's univerzity dr. Kishan Dholakia se snaží vyvinout tzv. optické pinzety, které by byly schopny rozhýbat nanostroje. Laser je paprsek světla o stejné vlnové délce a díky tomu je schopen zacílit na místo mikroskopických rozměrů.

2.9 Mezníky v dějinách nanotechnologie

2.9

- 1905 - Albert Einstein publikoval práci, v níž stanovil průměr molekuly cukru na cca 1 nanometr
- 1931 - Max Knoll a Ernst Ruska vyvinuli elektronový mikroskop, umožňující zobrazit objekty menší než 1 nanometr
- 1959 - Richard Feynman předkládá první vizi nanotechnologie
- 1960 - ve sborníku Caltech vychází Feynmanova hypotéza o možnosti budování nanosystémů
- 1968 - Alfred Y. Cho a John Arthur z Bell Laboratories vynalezli pomocí molekulových svazků epitaxi
- 1973 - teorie uspořádání molekul
- 1974 - Norio Tamaguči navrhl používání termínu nanotechnologie pro obrábění s tolerancí menší než 1 nm
- 1980 - snímací tunelový mikroskop (STM) je schopen zhotovovat snímky jednotlivých atomů na povrchu materiálu
- 1981 - první článek o nanotech ve vědeckém časopise
- 1983 - řetězová reakce v polymeru - vytvořen první umělý chromozóm
- 1985 - objev buckminsterfullerenu - rezonanční tunelový prvek s kvantovým efektem
- 1986 - poprvé zaznamenány jednotlivé kvantové skoky v atomech - založen Foresight institute
- 1986 - Eric Drexler vydal knihu Stroje stvoření
- 1988 - vypracována metoda identifikace osob podle DNA z jediného vlasu
- 1989 - první přenos lidského genu s pomocí virového vektoru
- 1990 - pomocí tunelového skenovacího mikroskopu napsal tým vědců na niklový plát 35ti xenonovými atomy písmena IBM – metoda sériové výroby Buckminsterfullerenu
- 1991 - pomocí ohybu rentgenových paprsků vznikl první snímek molekul fullerenu – Artur Hebard demonstroval, že molekuly fullerenu spolu s draslíkem nebo rubidiem jsou supravodivé
- 1991 - založen Institute for Molecular Manufacturing
- 1992 - Drexlerova kniha Nanosystémy - první úplné mapy struktury dvou lidských chromozomů – prototyp kvantového hradla
- 1993 - výpočty na superpočítači potvrdily Feynmanovu a Gell-Manovu teorii kvantové chromodynamiky - první nanodráty - řetízky silné pouze několik nanometrů
- 1995 -demonstrováno vedení elektrického proudu jednou molekulou – založena společnost Nanocor, zabývající se vývojem nanokompozitních materiálů - Ed Regis vydal knihu Nano
- 1997 - založena společnost Zyvex – první firma zabývající se konstrukcí nanomechanismů
- 2000 - rozluštění lidského genomu - první nanomotorek na bázi DNA (Bell Labs)
 - Americký prezident Bill Clinton vyhlašuje program National Nanotechnology Initiative (<http://www.nano.org>)

- 2001 - tranzistor z nanotrubiček (IBM) - první nanolaser, základ pro optický přenos dat v inteligentních nanosystémech - logický obvod v jedné molekule, tvořený dvěma tranzistory
- 2002 - začínají se prosazovat inteligentní kompozitní materiály
- 2003 - překročena hranice 50nm – první klon člověka
- 2004 - první komerčně vyráběný nanotechnologické produkty
- 2008 - vývoj hybridního nanopočítače
- 2010 - položeny základy nanovýroby
- 2011 - první molekulární nanosystém s vlastní inteligencí (assembler)
- 2015 - OSN schvaluje celosvětový Protokol, zabráňující zneužití nanotechnologie
- 2020 - nástup nanopočítačů, nanomedicíny a ekonanotechnologie – umělá inteligence dosahuje úrovně lidské
- 2030 - kvantové počítače
- 2040 – počítače splývají s programem

3. ZÁVĚR

Dle mých poznatků nás čeká fantastická budoucnost, nebo boj o místo na planetě. Vize zavedení nanotechnologie hrozí i totální nanoapokalypsou. Roboti by mohli přestat poslouchat a obrátit se proti nám! Stanou dobrými pomocníky nebo si uvědomí svou vlastní existenci a budou o ni bojovat. Nebo lidé by začali konstruovat nanorobotické viry. Miliony množících se neviditelných robotů by mohli cokoli doslova rozebrat na atomy. Výrok fyzika Alberta Einsteina „Nevím jaké zbraně budou ve třetí světové válce, ale vím, že ve čtvrté se bude bojovat kameny a oštěpy.“ by se mohl proměnit ve skutečnost.

V budoucnu se pro nás nanoroboti stanou běžnou všední součástí našich životů jako je dnes pro nás například hřeben na vlasy, kávovar, auto atd. Slovo nanotechnologie přestane být fantazií a jeho význam se posune kamsi k šedi nejnudnějšího výrobního průmyslu. Nanotechnologie hrozí skončováním s érou nedostatku a nastolením věku, ve kterém krádež či ochrana soukromého vlastnictví přestane mít význam. Diamant bude mít stejnou cenu jako papír (žádnou), protože provoz nanotechnologií by nic nestál.

Molekulární nanotechnologie jako kolébka nanomedicíny předpovídá nanoroboty vyráběné v nanotovárnách ne větších jak stolní tiskárna. Nanotovárny budou využívat prvky v měřítku nanorozměrů k určení specifikací, jako jsou tvar konstrukce, velikost a typ atomů a molekul, doplňky podle oblasti použití, k jejich výrobě. Stavební materiál ke stavbě nanorobotů bude volně přístupný a stejně jako jejich výroba cenově dostupná. Dojde k popularizaci nanotechnologií. První generace nanorobotů bude plnit jednoduché příkazy, více složité příkazy půjdou ruku v ruce s dalším výzkumem těchto technologií. Jejich kontrola bude omezena nejen jejich konstrukcí ale také jejich naprogramováním a výše zmíněnými akustickými signály sloužící též k jejich vypnutí. „Člověk pomocí nanotechnologie nejen zmnohonásobí své schopnosti, ale bude schopen čelit takřka všem nemocem a dosáhne schopností, že by dokonce i filmový Superman zezelenal závistí,“ nechal se slyšet renomovaný americký fyzik Raymond Kurzweil na světové konferenci o molekulární nanotechnologii (The 2000 Foresight Conference on Molecular Nanotechnology). Předověděl, že nebude existovat rozdíl mezi strojem a lidskou bytostí do konce tohoto století.

Nástupem nanotechnologi se od základu přemění dosavadní věda, technologie a společnost. Již dnes umožnila nanotechnologie výrazný pokrok v péči o zdraví.

Využití nachází nanotechnologie i v elektronice. Výzvou jsou nové směry jako kvantové počítání, spintronika, molekulární a biomolekulární elektronika a fotonika. Nanotechnologie zaujala vědce, inženýry a ekonomy v celém světě nejen explozí objevů v nanorozměrech, ale i pro její potenciální sociální dopady. To se projevuje v současnosti v seriózním přístupu k výzkumu jejích možností a jejího dosahu ve společnosti, který je prosazován nejen na národních úrovních, ale i v mezinárodním měřítku. Zapojení do mezinárodní spolupráce na výzkumu a aplikace nanotechnologie se jeví pro všechny státy nezbytné.

4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
- [2] <http://www.businessworld.cz/bw.nsf/business-v-nanotechnologiich/30D9CEB40D37F323C1257105004FF182?OpenDocument&cast=1>
- [3] <http://www.kyberpunk.org/timothy-leary-a-extropianstvi-versus-neoluddismus-i>
- [4] <http://www.nanomedicina.cz/files/Nanotechnologie.htm>
- [5] <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
- [6] http://www.venetonanotech.it/pballegati/Le%20nanotecnologie_Sapere.it.pdf
- [7] <http://www.fiftyfifty.cz/photo.php?id=650499250>
- [8] <http://www.osel.cz/index.php?clanek=1850>
- [9] www.techblog.cz/technologie/intelligence-samoreplikujicich-se-robotu.html
- [10] <http://www.scienceworld.cz/sw.nsf/0/3C0818C7706B9B93C1256E970048FF0A?OpenDocument&cast=1>
- [11] http://programujte.com/tisk_clanku.php?cisloclanku=2005120303-Nanotechnologie-v-medicine
- [12] Www.wikipedia.org
- [13] <http://www.sweb.cz/nanomedicina/#Mnt>
- [14] <http://capek.misto.cz/robot.html>
- [15] www.nanotechnology.org
- [16] www.nanotechnologie.cz
- [17] www.nano.org
- [18] erstner.felk.cvut.cz/biolab/X33BMI/referaty/2006_2007_ZS/1615/STUMPF_Nanotechnologie.ppt
- [19] Co jsou to vlastně nanotechnologie str. 1 - 2
Rozsáhlý "manuál" o historii i budoucnosti
ze dne: 01.11.2001 08:00:00 rubrika: Speciální projekty
časopis internet

- [20] Pátý rámcový program evropského výzkumu
a technického rozvoje
Výzkum nanotechnologií
a nanomateriálu v Evropě a USA
Tasilo Prnka červenec 2001
- [21] Šestý rámcový program evropského výzkumu
a technického rozvoje
Nanotechnologie
Tasilo Prnka
Karel Šperlink
srpen 2004
- [21] Bionanotechnologie
Nanobiotechnologie
Nanomedicína
Tasilo Prnka
Karel Šperlink
červenec 2006
- [22] Výzkum a aplikace mikrotechnologií
v České Republice
Ing. Tasilo Prnka, DrSc.
Ing. Jiřina Shrbená
Červenec 2005
Česká společnost pro nové materiály a technologie
(Projekt LA 249 „Účast ČSNMT při rozvoji výzkumu nanotechnologií“, DP2)
- [23] The Global technology revolution
Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies
with Information Technology by 2015
Philip S. Anto'n
Richard Silbergliitt
James Schneider
- [24] Nanotechnologie v České republice
2005
Libor Kraus
Jitka Kubátová
Tasilo Prnka
Jiřina Shrbená
Karel Šperlink
prosinec 2005
Česká společnost pro nové materiály a technologie Praha

- [25] Nanotechnologie, které usnadní život starým lidem
Bc. Karel Červený
- [26] Svět za padesát let
Eva Borovičková (21. 04. 2004)
- [27] Budoucnost z atomů
Bedřich Schweitz, Tomáš Kostecký (20. 06. 2003)

5. SEZNAM OBRÁZKŮ**5**

Obr. 1 Porovnání velikosti nanorozměrů	13
Obr. 2 Richard Philips Feynman	14
Obr. 3 Kim Eric Drexler	15
Obr. 4 Timothy Leary	15
Obr. 5 Logo firmy IBM na niklovém plátu	15
Obr. 6 Oblasti související s nanotechnologií	16
Obr. 7 část mikroeletromechanického systému (MEMS). Rohatkový systém	16
Obr. 8 MarkIII(k) – planetové soukolí	17
Obr. 9 Předpokládané využití bionanotechnologie	17
Obr. 10 Buckminster Fuller	18
Obr. 11 Fulleren C ₅₀	19
Obr. 12 Fulleren C ₇₀	19
Obr. 13 Fulleren C ₅₄₀	19
Obr. 14 Android Kryton	20
Obr. 15 Drexlerův model nanorobota	21
Obr. 16 Atomic Force Microscope	22
Obr. 17 Průběh přejezdu hrotu přes nanodrát	23

Obr. 1
Šestý rámcový program evropského výzkumu
a technického rozvoje

Obr. 2
<http://www.guidetothecosmos.com/images/feynman2.jpg>

Obr. 3
<http://filebox.vt.edu/users/jhannon/Nano/K.EricDrexlerS.jpg>

Obr. 4
<http://www.altmanphoto.com/TimLeary.jpeg>

Obr. 5
http://www.cite-sciences.fr/english/ala_cite/exhibitions/nanotechnologies/images/diapo01/03-stm10.jpg

Obr. 6
Šestý rámcový program evropského výzkumu
a technického rozvoje

Obr. 7
Výzkum a aplikace mikrotechnologií v České Republice

Obr. 8

http://nanoengineer-1.com/content/index.php?option=com_content&task=view&id=40&Itemid=50

Obr. 9

<http://www.sweb.cz/nanomedicina/#Mnt>

Obr. 10

http://bp0.blogger.com/_ukbSzbpZ8Y/R7HGzM3x_KI/AAAAAAAAAp4/hgaTVGuzAt0/s1600-h/BF01.jpg

Obr. 11

Fullereny.ppt

Obr.12

Fullereny.ppt

Obr. 13

Fullereny.ppt

Obr. 14

www.reddwarf.co.uk

Obr. 15

<http://www.sweb.cz/nanomedicina/#Mnt>

Obr. 16

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Atomic_Force_Microscope_1.jpg

Obr. 17

<http://www.osel.cz/tisk.php?clanek=1850>

6. SLOVNÍK SYMBOLŮ A JEDNOTEK

6

<i>nm</i>	- délková jednotka (nanometr) 10^{-9} m
μm	- délková jednotka (mikrometr) 10^{-6} m