

Obsah

[Co jsou nanotechnologie?]

Autoři: [Christopher Fischer, Andrea Deißberger]

Datum poslední revize: [29.10.2021]

Co jsou nanotechnologie?

Úvod

ČÍM VĚTŠÍ, TÍM LEPŠÍ? Někdy je naopak lepší být menší. To platí pro takzvané nanomateriály. Tyto materiály se pohybují v rozmezí od 1 do 100 nanometrů, ale co je vlastně nanometr? Nano je řecký výraz pro trpaslíka a nanometr představuje miliardtinu metru. To je neuvěřitelně malý rozměr. Pro představu: vaše nehty rostou rychlostí přibližně jednoho nanometru za sekundu. Další příklady pro lepší pochopení této obtížně představitelné velikosti vám předložíme v následujících částech této jednotky.

Praktický význam – zde uplatníte své znalosti a dovednosti

V této jednotce se dozvíte, co jsou nanotechnologie a k čemu se obecně využívají. Poznáte, jak malý je nanometr a jaké pozoruhodné vlastnosti mají nanočástice právě díky své velikosti. Dále se pak seznámíte s historií nanotechnologií a zjistíte, že se vyskytují v různých oblastech moderního výzkumu a technologií.

Přehled vzdělávacích cílů a kompetencí

V rámci „Pochopení nano rozměru“ zjistíte, jak malý je svět nanotechnologií.

V rámci „Historie nanotechnologií“ poznáte, že prvním velkým nanotechnologem je příroda, a dozvíte se, jak dnes mnoho z jejích principů napodobujeme.

„Nanotechnologie v různých disciplínách“ dává nahlédnout do různých vědních oborů využívajících nanotechnologie.

Vzdělávací cíle	Dílčí cíle
LO_Co jsou nanotechnologie?_01: Pochopení nano rozměru	FO_Co jsou nanotechnologie?_01_01: Velikost nanočástic FO_Co jsou nanotechnologie?_01_02: Poměr povrchu a objemu FO_Co jsou nanotechnologie?_01_03: Velikost a vlastnosti

LO_Co jsou nanotechnologie?_02: Historie nanotechnologií – příroda jako největší nanotechnolog	FO_What is nanotechnology?_02_01: Kdo mohl vědět, že jsou to nanotechnologie? (než byl tento pojem vynalezen) FO_Co jsou nanotechnologie?_02_02: Jak se proslavily (polovina 20. století) FO_Co jsou nanotechnologie?_02_03: Kam jsme dnes dospěli
LO_Co jsou nanotechnologie?_03: Nanotechnologie v různých disciplínách	FO_Co jsou nanotechnologie?_03_01: Nano v chemii FO_Co jsou nanotechnologie?_03_02: Nano ve fyzice FO_Co jsou nanotechnologie?_03_03: Nano v medicíně FO_Co jsou nanotechnologie?_03_04: Nano v elektronice

1. Pochopení nano rozměru

Nanotechnologie jsou VELIKÝ fenomén. Ovlivňují různé vědní obory. Uplatňují se v mnoha oblastech běžného života a pronikly na jeden z nejrychleji rostoucích trhů světa. Je paradoxní, že všechny tyto pozitivní vlastnosti se vztahují k maličkým materiálům – nanomateriálům. Ty se pohybují v rozsahu od 1 do 100 nanometrů. Co je ale vůbec nanometr? Nano je řecký výraz pro trpaslíka a nanometr představuje miliardtinu metru. Pro představu: vaše nehty rostou rychlostí přibližně jednoho nanometru za sekundu.

Definice

Nanometr

Jeden metr je miliardtina metru. Jinými slovy, 1 nanometr se rovná 0,000 000 001 metru.

Zkusme se tedy na věc podívat prostřednictvím porovnání s „metrovým“ světem, v němž žijeme. Když si čas od času měříme délku (tedy výšku) vlastního těla, vyjadřujeme ji údajem v metrech, které jsou k tomuto účelu nejvhodnější jednotkou. Pokud bychom se chtěli přiblížit nanometrické škále, mohli bychom se podívat na menší části našeho těla. Vezmeme-li si například náš nos, prsty nebo uši, určitě se shodneme, že jejich velikost nejlépe vyjádříme

v

centimetrech.



To jsme ale stále ještě na hony daleko od nanometru. Asi nejmenším příkladem, který si většina z nás nosí s sebou, jsou vlasy. Shodněme se, že právě vlasy jsou nejmenší věcí, kterou na vlastním těle najdeme. Pomyslete, že průměr vlasu je stěží viditelný pouhým okem. Velikost nanometru si pak uvědomíte na základě informace, že průměr lidského vlasu činí 80 000 nanometrů.

Důležitá fakta

Velikost nanomateriálů

Velikost nanomateriálů se pohybuje v rozpětí od 1 do 100 nanometrů. Tento mimořádně malý rozměr jim poskytuje spoustu vynikajících vlastností.

Jak ale všechny ty speciální vlastnosti souvisejí s materiály v nanorozměrech? První důležitý jev představuje vysoký poměr povrchu a objemu. Ten se se zmenšováním materiálů pod 100 nanometrů rapidně zvyšuje. V důsledku toho roste důležitost vlastností povrchu. Pochopení usnadní představa, že atomy, které nejsou v kontaktu s povrchem, se chovají jinak než atomy povrchové. Povrchové atomy jsou ve styku s okolním prostředím a účastní se různých interakcí. To může přinést efektivnější třídy materiálů. Například stříbro jako prvek se používá pro své vynikající germicidní vlastnosti (= schopnost zabíjet choroboplodné zárodky). Pokud byste tento materiál chtěli použít ve větších měřítcích, asi si dokážete představit, že cena za velké množství stříbra by byla velmi vysoká. Tento problém lze vyřešit zmenšením stříbra na nanočástice s větším počtem povrchových atomů. Díky této metodě může být menší množství „nanostříbra“ stejně účinné jako větší množství „velkého“ stříbra.

Důležitá fakta

Poměr povrchu a objemu

Nanomateriály při velikosti pod 100 nanometrů vykazují velmi vysoký poměr mezi povrchem a objemem. Ten přímo ovlivňuje chemické a fyzikální vlastnosti materiálů.

Chování hmoty v nanorozměrech mohou začít dominovat kvantové jevy – zejména na spodní hranici (jednociferné hodnoty a nízké desítky nanometrů). Takto malý objekt je kvantově mechanický objekt. To znamená, že již nepodléhá klasickým fyzikálním zákonům. Místo toho se řídí pravidly kvantové mechaniky, což může vést k podstatným změnám jeho optických, elektrických či magnetických vlastností. Pro lepší názornost si to opět ukážeme na příkladu.

Velmi všestranným materiálem je oxid titaničitý. Pokud je použit ve velkých částicích, velmi dobře odráží všechny viditelné vlnové délky světla. Oxid titaničitý se proto používá jako pigment v bílé barvě, protože je zárukou krásně zářivé bílé zdi.



Situace se ale rapidně změní, pokud se podíváme na drobné nanočástice oxidu titaničitého, které schopnost odrazu viditelné části světla zcela ztrácejí a odrážejí pouze ultrafialové světlo, takže materiál je transparentní.

Takto změněná charakteristika je dokonale vhodná pro použití v opalovacím krému. V něm tyto nanočástice brání průniku nebezpečného UV světla k vašemu tělu, a přitom jsou průhledné. Takže i když mají tyto nanočástice naprosto stejné chemické složení, jejich optické vlastnosti jsou ve velké míře závislé na velikosti částic.

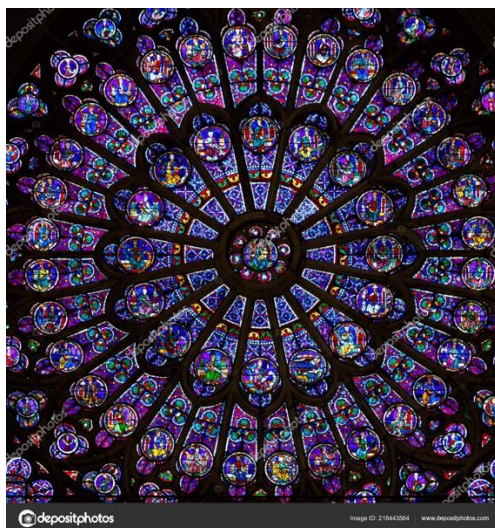
Důležitá fakta

Velikost a vlastnosti

Nanomateriály na spodní hranici nanorozměru (menší než cca. 50 nm) jsou kvantově mechanické objekty a mění své optické, magnetické a elektrické vlastnosti.

2. Historie nanotechnologií – příroda jako největší nanotechnolog

Historie nanotechnologií sahá mnohem dále do minulosti než samotný pojem, kterým se označují. Například středověcí řemeslníci používali již v 10. století dusičnan stříbrný a chlorid zlatý, jimiž dávali vitrážím žlutou, respektive červenou barvu. Dnes už víme, že tyto prvky fungují jako kvantové tečky a odrážejí určitou vlnovou délku světla, takže výsledkem je příslušná barva.



Pozdější příklad ze 13. až 18. století představují „damascénské“ čepelky šavlí oblíbené pro svou mimořádnou trvanlivost a ostrost. V dřívějších dobách obávaná zbraň je dnes fascinujícím příkladem aplikovaných nanotechnologií. Vědci zjistili, že tato ocel obsahuje cementitové nanodrátky obalené uhlíkovými nanotrubicemi. Právě ty by mohly stát za její pevností a odolností.



Zapamatujte si

Historie nanotechnologií

Historie nanotechnologií začíná mnohem dříve, než byly vůbec takto pojmenovány. Z minulosti známe spoustu příkladů, kdy byly nanotechnologie použity, i když bez podrobných vědeckých poznatků o principech, z nichž vycházejí.

Moderní nanotechnologie odstartoval objev Michaela Faradaye – koloidní „rubínové“ zlato. Faraday v roce 1875 dokázal, že v závislosti na světelných podmínkách se roztok zlata s nanostrukturou jeví v různých barvách.

Díky rostoucímu zájmu o velké možnosti malých částic uvedl Richard Feynman v California Institute of Technology první přednášku o technologiích a technice v atomovém měřítku. V roce 1959 ještě pro tento obor neexistoval název, Feynman tedy svou přednášku pojmenoval „Tam dole je ještě spousta místa“.

Této nové oblasti výzkumu se věnovalo stále více vědců z celého světa a v roce 1974 ji Norio Taniguchi – profesor na Tokyo Science University – pojmenoval „nanotechnologie“.

Až potud je jasné, že zpočátku byli hybnou silou poznání a vývoje nanotechnologií vědci. To se změnilo v 90. letech 20. století, kdy začaly vznikat první nanotechnologické firmy. Změna přišla ruku v ruce s rozvojem informační společnosti, která vytváří, ukládá a zpracovává stále více dat.

Nanotechnologie také umožnily vědcům získat v roce 1996 poctu nejvyšší – Nobelovu cenu. Harold Kroto, Sean O'Brien, Robert Curl a Richard Smalley obdrželi cenu za novou třídu molekul s názvem „fullereny“, které obsahují pouze atomy uhlíku. Nejznámějším příkladem z této skupiny je Buckminsterfulleren. Ten se označuje také jako „buckyball“ díky tvaru podobnému fotbalovému míči o přibližném průměru jednoho nanometru.



Zapamatujte si

Nanotechnologie ve středu zájmu

Nobelova cena je nejvyšší ocenění, jaké může vědec získat. V roce 1996 byla udělena za výzkum fullerenu v nano měřítku. Svět vědy tím dal najevo, že si je vědom potenciálu těchto drobných molekul.

Poté, co si potenciál nanotechnologií uvědomili vědci a první firmy, získala si tato inovativní disciplína také pozornost vládních činitelů. Prezident Clinton tak v roce 2000 zahájil National Nanotechnology Initiative (NNI) zastřešující výzkum a vývoj na federální úrovni s cílem urychlit zavádění nanotechnologií do praxe.

Můžeme tedy říci, že historie nanotechnologií je rozhodně velmi úspěšná. Čeho jsme ale vlastně dosud dosáhli? Dospěla snad kreativita vědy na svůj vrchol a využila už celý potenciál nanotechnologií, nebo nás to nejlepší teprve čeká?

Spousta příkladů nasvědčuje tomu, že nanotechnologie před sebou ještě mají skvělou budoucnost. Například na rok 2012 naplánovala vláda Spojených států investici ve výši 2 miliard dolarů do výzkumu, protože tato oblast má pro ni strategický význam. A vypadá to, že všechny tyto snahy přinášejí své ovoce. Objem celosvětového trhu s nanotechnologiemi se v roce 2015 odhadoval na bilion dolarů. Jako klíčovou technologii pro budoucnost vidí nanotechnologie také Evropa, a proto do nich investuje především Evropská unie. Příkladem je její nejnovější projekt financování „Horizon Europe“ cílený na inovace funkčních materiálů, komunikační technologie a oblast zdravotnictví. Program vybízí firmy a vědce ke spojení a spolupráci bez omezení vnitřními hranicemi Evropy či hranicemi mezi jednotlivými obory. Tato mezioborová strategie by mohla přinést řešení dlouhodobých problémů v medicíně nebo energetice. Tomuto tématu se ještě budeme věnovat v dalších částech.

Důležitá fakta

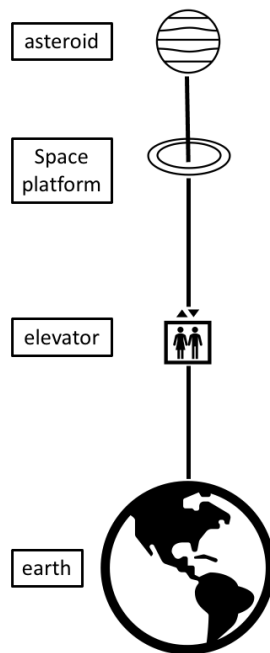
Čeho nanotechnologie dosáhly v moderní éře

Po dlouhých letech pokusů porozumět nanosvětě přináší toto úsilí své plody. Nanotechnologie si prorazily cestu k tomu, aby se staly ekonomicky etablovaným oborem.

3. Nanotechnologie v různých disciplínách

V tomto tématu poznáte nanotechnologie jako velmi multidisciplinární obor. Právě to je jejich další pozoruhodný rys. Znamená to, že nano je stejně zajímavé pro chemiky, fyziky i lékaře a že každý z nich využívá zákonitosti nanosvětě po svém. Podívejme se tedy, jak nanotechnologie ovlivňují různé vědní obory, a představme si pár příkladů.

Nejprve se podíváme na nanochemii. Hlavním úkolem nanochemiků je syntetizovat, analyzovat a charakterizovat chemické sloučeniny v nanoměřítku. Moderní svět si žádá nespočet nových materiálů dokonale vhodných pro konkrétní, velmi speciální použití. Obecně lze říci, že navrhování materiálů s precizně definovanou charakteristikou je pro nanochemiky každodenní chleba. Jak jsme už uvedli výše, malé rozměry nanomateriálů s sebou nesou unikátní chování a atributy. Tím se otevírají nové možnosti řešení problémů, které jsou nad možnosti konvenčních materiálů. Ilustrujme si to na příkladu: vesmírném výtahu. Co to je a k čemu pro jeho účely mohou sloužit nanomateriály? Vesmírný výtah je metoda vynášení objektů na oběžnou dráhu bez použití rakety. Analogicky k výtahům, které známe z výškových budov, by mohl přepravovat věci i lidi. Motivem k vybudování takového výtahu je eliminovat obrovské náklady, které s sebou lety do vesmíru nesou. Jak tedy takový výtah funguje? V podstatě je to velmi dlouhý kabel, na němž je výtah zavěšen. Je připevněn k Zemi někde na rovníku a k asteroidu. A mezi nimi může být kosmická platforma, na kterou se chceme dostat.



I když se to může zdát jako bláznivé sci-fi, jedná se o seriózní ambici. NASA například slibuje vysokou finanční odměnu autorovi řešení problémů, které realizaci vesmírného výtahu brání. Jedním z dlouhodobých problémů je například konstrukce potřebného kabelu. Je třeba počítat s tím, že má být 90 000 kilometrů dlouhý, takže musí být pevnější než kterýkoli běžný kabel na planetě Zemi. A právě zde přicházejí ke slovu nanomateriály. Přesněji pak fullerenové molekuly, o kterých jsme si už říkali. V tomto případě se jako velmi vhodný materiál ke konstrukci tak pevného kabelu jeví uhlíkové nanotrubičky. Někteří výzkumníci již připravili vzorky, které se zdají být několikanásobně pevnější než ocel.

Zapamatujte si

Nanotechnologie v chemii

Chemici syntetizují, analyzují a charakterizují nanomateriály. Mohou ovlivňovat vlastnosti nanomateriálů tak, aby přesně odpovídaly požadavkům konkrétního použití.

Už jsme se dozvěděli, že jednou z metod tvorby materiálů je chemická syntéza. Ve většině případů bychom ji mohli pojmenovat jako „přístup zdola nahoru“. To znamená, že začínáte u atomických nebo molekulárních jednotek a spojujete je, dokud nedospějete k nanoměřítku. Diametrálně odlišný je pak přístup „shora dolů“. To je spíše fyzikální metoda. Zde začínáte „velkým“ materiálem nebo většími částicemi a rozbíjíte je na nanočástice. Tuto metodu lze přirovnat k sochařství, kde je na počátku rozměrný výchozí materiál, z něž se odštipávají malé kousky, dokud sochař nedospěje k požadované velikosti a tvarům.

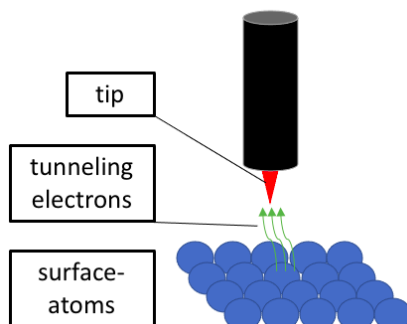
Odbočka

Shora dolů vs. zdola nahoru

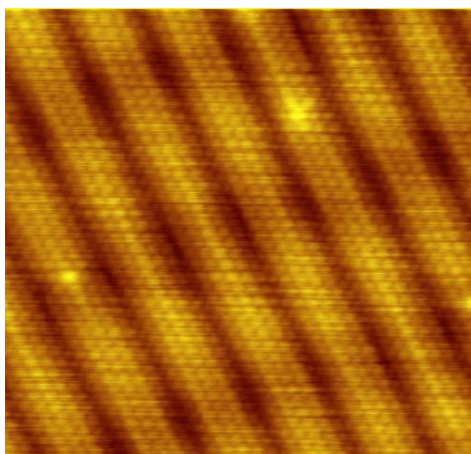
Přístup shora dolů postupuje od velkého k malému. „Velký“ materiál se rozbíjí na menší kousky, dokud nedospějete k nanoměřítku. Naopak přístup zdola nahoru spočívá ve spojování malých atomických nebo molekulárních jednotek do větších struktur o velikosti nanočástic.

Fyzika a nanomateriály mají společného mnohem více než jen koncepci tvorby nanomateriálů. Známou metodou analýzy nanomateriálů je skenovací tunelová mikroskopie (STM). Působivost této techniky spočívá ve zviditelnění povrchu nanoobjektů pro lidské oko. Vzpomeňte si na začátek této vzdělávací jednotky, kde jsme si ujasnili, jak malý je jeden nanometr, a také jak důležitá je charakteristika povrchu malých částic v porovnání s materiálem ve větším měřítku. Teď by vám mělo být jasné, proč je tato mikroskopická technika pro nanotechnologie tak vhodná. STM v podstatě měří interakci mezi hrotem a povrchem sondy a na základě této informace vytváří obraz.

Pozoruhodné výsledky, kterých lze s tímto nástrojem dosáhnout, jsou opět možné pouze díky specifickému chování objektů v nanoměřítku. Na začátku už jsme zmínili, že se řídí zákonitostmi kvantové mechaniky. Důležitým jevem je v této oblasti „tunelování“. Pro lepší pochopení tohoto pojmu si představme, že hodíme míč proti zdi. V běžném světě se míč zastaví na stejné straně zdi – tedy té, na níž stojíme. Ve světě kvantové mechaniky je to ovšem tak, že pokud je zeď dostatečně tenká a míč letí dostatečně rychle, existuje určitá možnost, že míč zdi projde (aniž by ji zničil). A právě tento tunelový efekt se uplatňuje v STM. Hrot mikroskopu „nasává“ elektrony z povrchových atomů našeho nanomateriálu, přestože v klasickém světě by to vzdálenost mezi hrotem a povrchem neumožnila. Tuto vzdálenost představuje v našem klasickém světě ona zeď.



Naštěstí jsou hrot a sonda tak malé, že se chovají jako kvantové objekty, což umožňuje „nasávat“ elektrony z povrchu i na určité vzdálenosti. Jak ale z tohoto efektu získáme signál? K tomu musíme vědět, že mezi sondou a hrotem existuje napětí. A pokud je vzdálenost mezi hrotem a povrchem sondy velmi krátká, mohou elektrony procházet do hrotu, čímž vytváříme tok elektronů – proud. Ten pak můžeme detekovat, což představuje náš signál. Jak ale získáme požadovaný obraz povrchu? Jednoduše pohybem hrotu po celém povrchu a měřením proudu v každém jednotlivém bodě. A když si uvědomíme, že v bodech, kde je vzdálenost od povrchu malá, dostaneme větší proud a naopak, můžeme z toho vyvodit závěry týkající se struktury povrchu. Aby vznikl proud v klasickém světě, musel by se hrot dotýkat povrchu. Ovšem tento kontakt by mohl vést k poškození našeho zkoumaného materiálu. Teď už tedy znáte promyšlený princip STM i důvod, proč je pro nanotechnologie tak užitečná.



Povrch zlata v zobrazení STM

Zapamatujte si

Nanotechnologie ve fyzice

Fyzici dokázali uskutečnit skenování povrchových struktur pomocí STM. Na základě poznatku, že hmotnost povrchu nanomateriálů je vyšší než u „velkých“ materiálů, pochopíme význam této analytické metody.

Nanotechnologie by navíc potenciálně mohly vyřešit některé přetrvávající problémy v medicíně. Například pomocí určitých nanočástic je možné optimalizovat transport léčiv v našem organismu. Těmito nanočásticemi

jsou nanokapsle, které obalují účinnou látku.



Stejně jako taxík jedoucí na určené cílové místo dopraví i kapsle lék přímo na určené místo v lidském těle. To s sebou nese několik velkých výhod. Díky efektivnímu cílení je možno dosáhnout stejného účinku při použití menšího množství léčiva. Není již tedy nutno podávat velké množství léku injekcí, což rapidně snižuje riziko vedlejších účinků. Kromě toho lze malé částice navrhnout tak, aby prošly hematoencefalickou bariérou. To je vždy problém u léků, které se mají působit proti mozkovým nádorům nebo neurologickým onemocněním. V tomto kontextu se jeví velmi slibně nanodiamanty. Jsou potaženy bílkovinou „albumin“, která je přirozenou součástí lidské krve. Díky takto upravenému povrchu nejsou nanodiamanty identifikovány jako cizí tělesa a dostanou se přes přirozenou bariéru do mozku. Na tyto povrchové proteiny mohou být navázány také molekuly léčiv, což jim otevírá cestu do mozku.

Nanotechnologie také otvírají nové přístupy k léčbě rakoviny. Vzhledem k tomu, že nádorová onemocnění jsou jedním z permanentních problémů moderního světa, věnuje se výzkumu v této oblasti mnoho vědců. Výzkum probíhá už mnoho let, ovšem nanotechnologie představují jednu z mála metod, která pracuje naprosto odlišně od metod již zavedených, jako je například radioterapie. Nová léčebná metoda v zásadě využívá nanočástice oxidu železa, které jsou vpravovány přímo do nádorové tkáně. Když je umístíte do elektromagnetického pole, nanočástice se zahřejí. To způsobí odumření nebo alespoň značné poškození nádorových buněk. Sousední tkáň pak při této metodě není zasažena, což je obrovská výhoda ve srovnání s poškozením způsobeným obvyklou radioterapií.

Zapamatujte si

Nanotechnologie v medicíně

Nanočástice otvírají cestu pro nové metody léčby rakoviny. Nanokapsle pak ukazují cestu k mnohem efektivnějšímu cílení distribuce léčiv. To umožňuje snižovat dávky, a tedy i riziko vedlejších účinků.

Nakonec se podíváme také na „nanoelektroniku“. Jejím hlavním úkolem je vývoj a výroba miniaturních integrovaných obvodů. Se zmenšováním mikroelektronických struktur je možné zvyšovat jejich výkon a zároveň snižovat náklady. To je důvod, proč se elektronické struktury v průběhu let stále zmenšují a od „mikroelektroniky“ jsme dospěli k „nanoelektronice“. Ta zahrnuje především struktury menší než 100 nanometrů. Níže jsou uvedeny tři příklady důležitých oblastí výzkumu nanoelektroniky. Stálým úkolem vědců je další miniaturizace tranzistorů používaných v integrovaných obvodech. Díky tomu bude v budoucnu možné sloučit výkon několika dnes „běžně velkých“ počítačů do mnohem menších struktur. Dalším cílem je zvýšit hustotu paměťových čipů. Jak je vám asi jasné, v našem digitálním světě je třeba ukládat a zpracovávat obrovské množství dat. A právě proto musí efektivita paměťových čipů odpovídat dalšímu nárůstu tohoto množství.



Poslední příklad představuje optimalizace obrazovek. To znamená potřebu snižovat spotřebu energie a zároveň i hmotnost a tloušťku obrazovky.

Zapamatujte si

Nanotechnologie v elektronice

Nanoelektronika se zaměřuje především na miniaturizaci elektronických struktur za účelem zvyšování jejich výkonů a snižování nákladů.

1. Ukotvení znalostí

Shrnutí

Dospěli jste na konec jednotky na téma „**Co jsou nanotechnologie**“? Vzhledem k velkému množství nových poznatků vám předkládáme stručné opakování nejdůležitějších informací, které jste k tématu obdrželi:

Nanomateriály mají zvláštní vlastnosti vyplývající z jejich malé velikosti 1 až 100 nanometrů. Pro srovnání: tloušťka průměrného vlasu činí 80 000 nanometrů. Když je objekt opravdu malý, jeho povrch se v porovnání s jeho velikostí zvětší. A právě tím je většina nanomateriálů tak výjimečná. I s malým množstvím nanomateriálu lze dosáhnout velkého účinku.

Příklady nanomateriálů známe i z dob, kdy ještě nikdo neměl ani tušení, co vlastně nanotechnologie jsou. Když vědci zjistili, že objekty v nanorozměrech mají jiné vlastnosti než stejný materiál ve větším měřítku, začali se těmito materiály podrobněji zabývat a upravovat je. V současnosti lze nalézt nepřeberné množství příkladů praktického využití nanomateriálů a výzkum v této oblasti probíhá po celém světě.

Nanotechnologie nenajdeme jen v jedné vědní disciplíně, jsou totiž technologií, která staví mosty mezi různými odvětvími: chemií, fyzikou, medicínou, elektronikou, atd. V následujících kapitolách se s nanosvětlem seznámíte podrobněji a ukážeme vám také příklady, jak nanotechnologie přesahují do vašeho každodenního života.