Akceptuję
W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej Polityce Prywatności



# Podstawy nanotechnologii

**Streszczenie**

Nantechnologia pozwala zrozumieć i kontrolować materiały i urządzenia, które posiadają co najmniej jeden wymiar poniżej 100nm. Tworzenie nanomateriałów ma za cel pokazanie nowych bądź ulepszonych własności fizycznych, chemicznych i biologicznych znanych już materiałów. W rzeczywistości powstają nowe i lepsze produkty. W konsekwencji, nanotechnologia jest dziedziną bardzo szybko się rozwijającą a jej ogromny potencjał ma wpływ na wiele dziedzin nauki na półprzewodnikach i biotechnologii zaczynając a energii, transporcie, czy rolnictwie kończąc. Wpływ nanomateriałów nie jest bez znaczenia w produkcji materiałów skierowanych bezpośrednio do konsumentów. Nanomateriały aktualnie używane są przy wyrobie kosmetyków, przemyśle odzieżowym, czy produkcji sprzętu sportowego. Szacowana globalna sprzedaż nanomateriałów

w roku 2015 może przewyższyć 1 trylion dolarów. Jih Changa Yang, dyrektor Przemysłowego-technologicznego Instytutu Badawczego w Tajwanie, twierdzi: " We believe the marketplace is already the focal point for nanotechnology today. (Wierzymy, że rynek to miejsce dla nanotechnologii)". Dlatego właśnie bardzo ważne jest aby jak najlepiej poznać właściwości i budowę powstających coraz to nowszych nanostruktur.

**Wprowadzenie**

W 1959 roku Richard Feynman jako pierwszy wprowadził termin nanotechnologii, gdzie mikroskopijne urządzenia nazywał nanorobotami lub nanobotami. Sądził, że rozwój tej nauki pozwoli manewrować pojedynczym atomem a co za tym idzie będzie syntetyzować prawie wszystko. W latach 90-tych IBM wykorzystało skaningowy mikroskop tunelowy (SMT), który służy do badania do ułożenia 35 atomów ksenonu tak, by utworzyły one logo IBM.
Dzięki temu doświadczeniu inni naukowcy zdali sobie sprawę, że możliwe stało się tworzenie nowych struktur na poziomie atomowym.

***Nanostruktury – struktura i klasyfikacja***

Termin nanotechnolgia obejmuje projektowanie, tworzenie ale także użytkowanie materiałów, które posiadają co najmniej jeden wymiar, którego naturalną jednostką miary jest nanometr. Produkcja takich materiałów ma za zadanie zmienić na pożądane ich właściwości (biologiczne, chemiczne, fizyczne). Co jest możliwe dzięki temu, że jeden z wymiarów mieści się w przedziałach: typowym dla pojedynczych atomów (10-9m), jak i charakteryzującym ciała stałe (10-7m – odległości atomów w ciałach stałych). Naturalnym podziałem nanocząstek jest ich podział od ilości wymiarów podawanych w nanoskali (w jednym, dwóch i trzech wymiarach) - Tab.1. Nanocząstki mogą mieć losowe rozmieszczenie budujących je atomów czy molekuł lub być uporządkowane analogicznie do ich makrostruktur.

***Klasyfikacja nanocząstek***

- Układy 3D Układy 2D Układy 1D
- Fulereny
- Cząstki koloidalne
- Węgiel aktywowany
- Quasi-kryształy Nanorurki węglowe i nanowłókna
- Nanopręty (tlenkowe, węglikowe, półprzewodnikowe) i nanodruty (metaliczne i magnetyczne) Materiały nanowarstwowe
- Filmy Langumira-Blodgetta
- Nanopłytki aluminiowe
- Materiały o zwiększonej odporności na ścieranie i korozję

| Klasyfikacja nanocząstek | | |
|---|---|---|
| Układy 3D | Układy 2D | Układy 1D |
| • Fulereny<br>• Cząstki koloidalne<br>• Węgiel aktywowany<br>• Quasi-kryształy | • Nanorurki węglowe i nanowłókna<br>• Nanopręty (tlenkowe, węglikowe, półprzewodnikowe) i nanodruty (metaliczne i magnetyczne) | • Materiały nanowarstwowe<br>• Filmy Langumira-Blodgetta<br>• Nanopłytki aluminiowe<br>• Materiały o zwiększonej odporności na ścieranie i korozję |

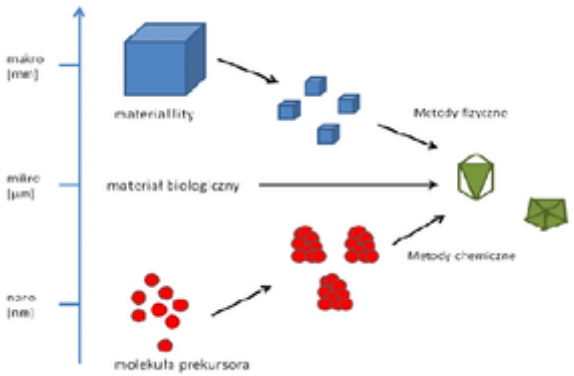
Tab. 1 Przykłady układów o zmniejszonej wymiarowości.

***Krótka historia nanotechnologii.***

- **3.5 mld lat temu** - powstają biomaszyny o nanometrowych rozmiarach (komórki)
- **1905** – Pierwsze doniesienie o strukturach nanocząsteczkowych: Albert Einstein publikuje artykuł, w którym szacuje wielkość cząsteczki cukru na ok. 1 nm
- **1931** – Pierwsze urządzenie pozwalające zobaczyć strukturę nanocząsteczkową: Max Knoll i Ernst Ruska zbudowali mikroskop elektronowy
- **1959** – Przyszłość miniaturyzacji: Richard Feynman wygłasza wykład pt.: „Niżej jest
- jeszcze mnóstwo miejsca”
- **1968** – Pierwsze wykorzystanie nanostruktur: Alfred Y. Cho i John Arthur stworzyli metodę epitaksji, która pozwala tworzyć powierzchniowe warstwy jednoatomowe
- **1974** – Wprowadzenie terminu nanotechnologia: Norio Taniguchi wprowadza termin nanotechnologia na określenie obróbki z dokładnością mniejszą od 1 mm.
- **1981** - Gerd Binnig i Heinrich Rohrer zbudowali skaningowy mikroskop tunelowy pozwalający na obrazowanie pojedynczych atomów
- **1985** - Robert F. Curl, Jr., Harold W. Kroto i Richard E. Smalley odkrywają fullereny
- **1986** - K. Eric Drexler publikuje książkę futurologiczną popularyzującą nanotechnologią pt.: „Engines of Creation”
- **1989** - Donald M. Eigler z firmy IBM układa z pojedynczych atomów ksenonu napis IBM
- **1991** - Sumio Iijima z firmy NEC w Tsukubie w Japonii odkrywa nanorurki węglowe
- **1993** - Warren Robinett z University of North Carolina i R. Stanley Williams z University of California w Los Angeles zbudowali układ rzeczywistości wirtualnej połączony ze skaningowym mikroskopem tunelowym, który pozwala użytkownikowi widzieć atomy a nawet ich dotykać.
- **1998** - Zespół Ceesa Dekkera z Politechniki w Delft w Holandii tworzy tranzystor wykorzystujący nanorurki węglowe
- **1999** - James M. Tour, obecnie zatrudniony w Rice University oraz Mark A. Reed z Yale University wykazali że pojedyncze cząsteczki mogą pełnić funkcję przełączników
- **2000** - Administracja Clintona ogłasza Narodową Inicjatywę Nanotechnologiczną, zapewniającą ogromny wzrost nakładów pieniężnych na tę dziedzinę i ukazującą jej znaczenie społeczeństwu
- **2000** - Eigler i inni naukowcy tworzą miraż kwantowy: umieszczenie atomu magnetycznego w ognisku eliptycznego pierścienia atomów daje miraż tego atomu w drugim ognisku pierścienia, co może być sposobem przenoszenia informacji bez drutu

***Otrzymywanie nanostruktur***

Do wytworzenia nanostruktur wykorzystuje się syntezę mechaniczną, chemiczną lub biologiczną. Syntezę można przeprowadzić tzw. podejściem bottom-up, czyli wykorzystując samoorganizcję atomów i cząstek oraz sposobem top-down, czyli miniaturyzacja większych struktur (Rys.1).



Rys.1 Schematyczne przedstawienie metod top-down i bottom-up

Procesy bottom-up to synteza nanostruktur poprzez:

- Syntezę chemiczną w fazie gazowej, ciekłej bądź stałej
- Ściśle kontrolowane osadzanie:

*Metody osadzania z fazy gazowej:* osadzanie fizyczne (ang. Phsical vapour deposition – PVD oraz osadzanie chemiczne (ang. Chemical vapour deposition – CVD)
*Procesy osadzania wspomagane plazmą* – stałoprądowe wyładowanie jarzeniowe; rozpylanie magnetronowe; próżniowe osadzanie z łuku elektrycznego
*MBE* (ang. Molecular beam epitazy)
*Metody wykorzystujące fazę ciekłą*
*Metody koloidalne*
*Metody zol-żel*
*Osadzanie elektrolityczne*

- Metody kontrolowanego wzrostu nanostruktur

Procesy top-down obejmują większość metod technologicznych przetwarzających ciało stałe:

- Mielenie – materiał jest rozdrobniony pomiędzy dwoma stalowymi bądź wolframowymi żarnami w warunkach beztlenowych (zapobieganie utlenianiu materiału rozdrabnianego); otrzymane nanocząstki są metastabilne termodynamicznie)
- Litografia – na podłoże pokryte substancją ochronną (rezystem) nanosi się kształt jaki ma przyjąć nanostruktura za pomocą światła UV, promieni X, elektronów lub jonów; proces ten stosuje się w przemyśle półprzewodnikowym do wytwarzania układów scalonych, elementów optoelektronicznych itp.; produkcja seryjna; układy 2D
- Obróbka – techniki wykorzystujące zogniskowaną wiązkę jonów (ang. Focused Ion beam –FIB); układy 3D
- Przy otrzymywaniu nanostruktur często nieodzowne jest zastosowanie symulacji komputerowej, dzięki czemu można przewidzieć zachowanie cząstek o ograniczonych wymiarach.

***Właściwości struktur nanometrycznych***

Właściwości strukturalne nanocząstek nie są jednakowe dla wszystkich materiałów. Wzrost powierzchni a tym samym energii powierzchniowej wraz ze zmniejszeniem się rozmiarów cząstki związany jest ze zmniejszaniem się odległość między atomami. Zależność ta dotyczy skupisk atomów metali np. miedzi. Odwrotna zależność, zmniejszenie rozmiarów cząstek powoduje zwiększenie odległości pomiędzy nimi została zaobserwowana dla pólprzewodników oraz tlenków metali. Nie do końca opisanym faktem jest także przyjmowanie pewnych struktur, które są stabilne tylko w skali nanometrycznej. Właściwości termiczne także nie są jednoznaczne. Stwierdzono, że wpływ energii powierzchniowej na cechy termiczne materiału powoduje zmniejszenie się temperatury topnienia nanocząstek złota w porównaniu temperaturą topnienia mikrokryształu. Znane są także doniesienia, że mniejsze cząstki miały wyższe temperatury topnienia. Zmniejszanie rozmiaru cząstek wpływa na strukturę elektronową układu. Potencjał jonizacji jest wyższy dla małych skupisk atomów bezpośrednio wpływa na zwiększenie reaktywności nanocząstek. Właściwości mechaniczne nanocząstek są także różne od ich makroskopowych analogów (związki węgla – nanorurki). Na wytrzymałość mechaniczną wpływa ilość defektów występujących w materiale

a prawdopodobieństwo ich pojawiania się zmniejsza się wraz z wielkością materiału. Zwiększenie stosunku powierzchni do objętości powoduje, że część atomów powierzchniowych sprzęga się ze swoimi sąsiadami, co wywołuje właściwości magnetyczne – ferromagnetyzm. Nanocząstki magnetyczne często zbudowane są tylko z jednej domeny i mogą one wykazywać wtedy tzw. superparamagnetyzm. Podczas zmniejszania układu energia orbitalna czy położenie pasm (ciało stałe) wpływa na najwyższy zajęty orbital molekularny (HOMO, ang. Highest occupied molecular orbital),pasma walencyjnego, czy też najniższego niezajętego orbitalu molekularnego (LUMO, ang. Lowest unoccupied molecular orbital). Różnica pomiędzy tymi poziomami wpływa na emisją i absorbcję a tym samym zmienia właściwości optyczne nanocząstek np. złoto koloidalne ma kolor czerwonya wraz ze wzrostem agregatów zmienia się w żółty. Gdy układ maleje i staje się porównywalny z długością fali de Broglie'a elektronów uwidacznia się dyskretna natura stanów elektronowych a następnie materiały przewodzące stają się izolatorami.

Głównymi metodami pozwalającymi na scharakteryzowanie nanostruktur są: wszystkie metody obrazowania (mikroskopia) oraz spektroskopii materiałów.

***Zastosowanie nanostruktur***

Najwięcej nanocząstek znalazło zastosowanie w medycynie i biologii. W medycynie powszechnie stosowane są: srebro (Ag), złoto (Au), tlenek cynku(II) (ZnO) , dwutlenek cyny (IV) (SnO2). Wszystkie te substancje w postaci nanocząstek mają właściwości bakteriobójcze. Złoto jako metal szlachetny (mało reaktywny) bardzo łatwo jest przyswajany przez organizm ludzki. Cechy te pozwalają na zastosowanie go w protezach i implantach. Srebro i jego właściwości bakteriobójcze znane już były w starożytnej Grecji i powszechnie są stosowane w wielu krajach. Srebrne monety stosowane były do oczyszczania wody. Srebrne naczynia do podawania posiłków i napoi także chroniły przed namnażaniem się bakterii w spożywanych daniach. Obecnie nanocząstki srebra można spotkać w tkaninach (bielizna, skarpety, bandaże), kosmetykach (pudry, dezodoranty) a nawet sprzęcie AGD (lodówki, pralki). Jednak produkty te szybko tracą powłokę nanocząstkową srebra podczas użytkowania trafiają do środowiska a tym samym mogą dostawać się do organizmu ludzkiego. Nadmierna ilość srebra w organizmie nie jest jednak zdrowa. Znane są przypadki osób, które ze względu na nie kontrolowane przyswajanie srebra przez organizm popadły w chorobę argyrię (zwaną „srebrzycą"). Zatem ze względów medycznych nanocząstki srebra zostały zamienione na tlenek cynku(II), który oprócz właściwości bakteriobójczych ma właściwości wysuszające. Dzięki temu jego zastosowanie w tkaninach (bandażach, plastrach) pozwoli także na obsuszenie rany i przyśpieszy gojenie. Jednak ze względu na niezbadane skutki uboczne produkty te nie są dopuszczone do sprzedaży we wszystkich krajach. Nanocząstki tlenku cynku(II) używane są także przez stomatologów do wypełniania kanalików zębowych (4µm).
Nanocząstki zbudowane ze związków chemicznych (tlenków metali np. ZnO, SnO2) tworzących sieci krystaliczne są stosowane jako nośniki leków po organizmie. Nanostruktury (nanorurki, nanokulki) wypełniane są lekarstwem i podawane (doustnie lub dożylnie) pacjentowi. Transport odbywa się po całym organizmie a lek podawany jest w sposób ciągły, ale stopniowo (powoli uwalniając się z nanostruktury). Dwutlenek tytanu(IV) ma szerokie zastosowanie technologii. Jego właściwości katalityczne wykorzystywane są: w powłokach (powierzchniach) samo-oczyszczających się (szyby, płyty, tkaniny, folie, lusterka samochodowe, farby do sprzętu AGD, itp.); w procesach oczyszczania gazów spalinowych (redukcja NOx), wód (np. rozkładu pestycydów), ścieków, itp.; jako katalizator syntez organicznych; do produkcji materiałów antybakteryjnych oraz do produkcji ogniw fotowoltaicznych i baterii słonecznych. Dwutlenek tytanu(IV) jest wstanie pochłaniać światło UV, dzięki czemu ma zastosowanie w produkcji lakierów do drewna, wierzchnich lakierów samochodowych i lotniczych, bejcy, tuszy drukarskich, laminatów, powłok parkietowych, wosków ochronnych. W powłokach tych pełni ważną rolę, uodparniając powierzchnię na działanie czynników atmosferycznych oraz zapobiega utracie połysku i kredowania. Dodatkowo zmniejsza podatność

powierzchni na zarysowania i ścieranie. Nie wpływając na barwę powierzchni (jest przezroczysty) a jego udział wagowy nie przekracza 5%. Absorbcja UV przez tlenek tytanu(IV) pozwala na jego zastosowanie także w produkcji transparentnych tworzyw sztucznych, folii agrotechnicznych, folii opakowaniowych, ochronnych do żywności (wydłużenie terminu przydatności, ograniczenie tempa rozkładu witamin), artykułów kosmetycznych (kremy ochronne, kremy do opalania, filtry UV).
Nanostruktury należące do układów 3D i 2D używane są do wychwytu różnych związków występujących w śladowych ilościach w fazie ciekłej i gazowej. Dzięki bardzo dobrym zdolności sorpcyjnym używane są jako czujniki (sensory) gazów i śladowych ilości zanieczyszczeń.

Układy te znalazły także zastosowanie:

- nośniki katalizatorów (przemysł chemiczny) i elektrokatalizatorów (ogniwa paliwowe), fotokataliza torów (samoczyszczące się powierzchnie)
- fotoogniwa (dotyczy ogniw słonecznych)
- membrany filtracyjne (ochrona środowiska)
- materiały elektrodowe (baterie litowe)
- markery (w biomedycynie)
- wypełniacze materiałów kompozytowych
- ekrany pola elektromagnetycznego
- emitery emisji polowej
- nanowłókniny, nanoprzędza
- sztuczne muskuły
- nośniki leków i genów

Nanostruktury (nanorurki, nanokule) uczestniczą także w naszym codziennym życiu np. rakiety tenisowe, narty, kije hokejowe, ramy rowerowe, elementy karoserii samochodów. Szerokie zastosowanie mają nanorurki węglowe, których produkcja jest bardzo prosta i względnie niedroga.
W elektronice także wykorzystuje się co raz mniejsze skale. Podstawową molekułą wykorzystywaną w elektronice jest nanorurka  składających się z minimum 60 (lub więcej) atomów węgla. Węglowe nanorurki maja średnicę około 1,5 nm, a więc 10000 razy mniejsza od grubości ludzkiego włosa. Przypominają arkusz siatki drucianej z sześciokątnymi oczkami zwinięty w rurkę.  W zależności od swojej struktury nanorurki mogą zachowywać się jak metal albo połprzewodnik. Ostatnie pomiary na uniwersytecie Maryland wykazały, że nanorurki są bardzo dobrymi połprzewodnikami. Tranzystory zbudowane z nich świetnie się spisują w temperaturze pokojowej. Według ekspertów węglowe nanorurki mają szansę wyprzeć krzem z układów scalonych w ciągu najbliższych dziesięciu lat. Trzeba jednak opracować nową technologię produkcji tego materiału ponieważ obecnie jest to proces powolny i kosztowny. Nanorurki są również niezwykle wytrzymałymi materiałami i maja dobre
przewodnictwo cieplne. Te cechy spowodowały duże zainteresowanie nimi pod kątem możliwości wykorzystania w urządzeniach nanoelektronicznych i nanomechanicznych. Dzięki lepszemu i głębszemu zrozumieniu właściwości elektrycznych i świetlnych węglowych nanorurek rozwija się nowa dziedzina techniki: nanooptoelektroniki. Pierwszym dziełem tej dziedziny jest antena wykonana z węglowych nanorurek, która wychwytuje światło widzialne w podobny sposób, co anteny odbierające fale radiowe. Takie anteny mogą znaleźć zastosowanie na przykład w telewizji optycznej lub przekształcaniu energii słonecznej w elektryczną.
Zespołowi Yang Wanga z Boston College udało się odebrać światło za pomocąI tak w 2002 roku udało się skonstruować tranzystory z pojedynczych cząsteczek związku chemicznego (związek organiczny kobaltu lub dwa atomy wanadu połączone ze sobą łańcuchem węglowo – azotowym), co pozwoli na budowę mikroprocesorów o dużej sprawności.
Elektrotechnika w dużej mierze wykorzystuje nanorurki do produkcji tranzystorów. W 2005 roku udało się uzyskać przezroczysty i elastyczny węglowy tranzystor wykonany z nanorurek. Tego typu

technologia może być wykorzystana do produkcji przezroczystych, aktywnych wyświetlaczy, ale również inteligentnych szyb, które wykorzystywane będą między innymi w samolotach bojowych oraz w motoryzacji. W laboratoriach IBM stworzono najmniejsze źródło światła, które jest zbudowane z pojedynczej nanorurki węglowej (Ø = 1,4 nm). Równoczesne wprowadzanie do nanorurki węglowej ładunki ujemne (elektrony) oraz ładunki dodatnie ("dziury") powoduję reakcję zobojętnienia, której towarzyszy emisja światła podczerwonego (λ = 1,5µ m).
Naukowcy z Harvard University we współpracy z uniwersytetem Zheijang w Chinach i Tohoku w Japonii stworzyli bardzo cienkie światłowody, które mają średnicę zaledwie 50 nm. Fala świetlna biegnie wzdłuż włókna, a nie odbija się wewnątrz niego jak w tradycyjnym światłowodzie. Dzięki gładkości jednolitości włókna światło pozostaje spójne. Zastosowanie supercienkich światłowodów pozwoli przesyłać więcej informacji a zajmują znacznie mniejszą przestrzeń.
Nanotechnolodzy chcą posunąć się o krok dalej i zbudować komputer kwantowy. Byłby to komputer szybszy, gdyż mógłby działać wielotorowo, wykonując szereg zadań jednocześnie. Możliwe jest to dzięki niezwykłym prawom rządzącym kwantowym światem, w którym zachodzić może wiele różnych procesów. Klasyczny bit (elementarna jednostka informacji) działa za pomocą systemu zerowo-jedynkowego. W komputerze kwantowym odpowiednikiem klasycznego bitu jest bit kwantowy, zwany qubitem. Upaszczając teorię mechaniki kwantowej qubit może być trochę jedynką i trochę zerem jednocześnie, dzięki czemu wykonuje wiele obliczeń równocześnie. Pierwszy prymitywny komputer kwantowy stworzony został także przez zespół z IBM. W strukturze qubitu jest cząsteczka zbudowana z pięciu atomów fluoru 19F oraz dwóch atomów węgla 13C. Do obliczeń wykorzystuje on algorytm Petera Shora, który rozkłada liczbę 15 na czynniki pierwsze. Fale radiowe pozwalają zaprogramować komputer jednak do odczytania wyników potrzebny jest jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR).

**Wpływ nanotechnologii na środowisko naturalne i człowieka**

Nanotechnologia jest dziedziną interdyscyplinarną, ciągle się rozwijającą dzięki niej może uda się rozwiązać wiele problemów: zanieczyszczenie środowiska, zmniejszające się zasoby paliw kopalnych, coraz większe zapotrzebowanie na energię. Z drugiej strony rozwój tej dziedziny powoduje zwiększenie ilości nanostruktur w środowisku a brak danych na temat szkodliwości nanocząsteczek na zdrowie człowieka i środowisko pociąga za sobą zmianę prawa i zaostrzenia kryteriów wprowadzania na rynek nowych produktów je zawierających. Dlatego też badania nad bezpiecznym zastosowaniem nanocząsteczek są kluczowe dla rozwoju nanotechnologii. Wszelkie zagrożenia mające zarówno bezpośredni, jak i pośredni wpływ na środowisko i człowieka mogą znacznie spowolnić lub nawet zatrzymać rozwój nanotechnologii.
Brakuje badań i informacji na temat w jaki sposób nanocząstki zachowują się w środowisku naturalnym oraz jak wpływają na komórki ciała ludzkiego w bezpośrednim działaniu oraz po akumulacji w organizmie. Ważne jest aby poznać  wielkość tych zagrożeń (czy powodują mutacje i procesy replikacji białek, a może powodują apoptozę).
Udało się ustalić, że toksyczność niektórych nanocząstek zależy także od obecności innych związków np. toksyczność nanocząstek miedzi na skorupiaki spadała wraz z zawartością węgla organicznego w wodzie, której żyły skorupiaki. Stwierdzono również, że nanocząstki tlenku miedzi(II) i srebra są zabójcze dla glebowych mikroorganizmów, podczas gdy nanocząstki tlenku cynku(II) powodowały zatrzymanie ich wzrostu i obniżenie zdolności reprodukcyjnych. Toksyczność nanocząstek spadała wraz ze wzrostem ich agregatów.
Dr Enda Cummis z irlandzkiego UCD Instutute of Food and Health uporządkował nanomateriały według stopnia związanego z nimi ryzyka dla środowiska i zdrowia ludzkiego. Nanocząstki srebra i tlenku tytanu(II) w wodach powierzchniowych stanowią umiarkowany do wysokiego stopień ryzyka ekotoksykologicznego.
Naukowcy w 2009 roku zidentyfikowali najbardziej niebezpieczne nanocząstki i grupy organizmów najbardziej wrażliwych na ich działanie. Dokonali tego na drodze przeglądu dostępnych doniesień

naukowych pod kątem toksyczności nanocząstek dla poszczególnych gatunków bakterii, glonów, skorupiaków, nicieni, drożdży, orzęsków i ryb - organizmów stanowiących najczęściej pierwsze ogniwa łańcucha pokarmowego. Do grupy ocenianych nanocząstek należały tlenek tytanu (IV), tlenek miedzi(II), nanorurki, fullereny C60, tlenek cynku(II) i srebro. Tlenek cynku(II) i srebro określone zostały jako skrajnie toksyczne LC50<0.1mgl-1 , fullereny C60 i tlenek miedzi(II) jako w wysokim stopniu toksyczne LC50 =0.1-1mg-1, nanorurki jako toksyczne LC50=1-10mgl-1. Do najmniej toksycznej grupy o LC50=10-100mgl-1 zaliczono tlenek tytanu(IV).

**Podsumowanie**

Nanotechnologia stwarza ogromne możliwości, ale także nowe wyzwania i zagrożenia, co niesie za sobą potrzebę zmian przepisów i metod kontrolujących coraz drobniejszych substancji zanieczyszczających, które pojawiają się w miejscach pracy, jak i środowisku naturalnym. Właściwości, dla których nowe materiały są zaprojektowane w nanoskali mogą generować nowe ryzyko do pracowników, konsumentów, a nawet całego społeczeństwa i środowiska naturalnego. Niektóre z tych negatywnych właściwości zostały zaobserwowane podczas doświadczeń z innymi syntetycznymi chemikaliami, ale wiele z nich pozostało jeszcze nieodkrytych. Niedostateczna informacji dotycząca ryzyka związanego z nowymi nanomateriałami stwarza nowe możliwości nauce.

*Autor: Karolina Wójciuk*
https://laboratoria.net/artykul/15958.html
**Informacje dnia:** Resort nauki chce wprowadzić parytety i feminatywy Czeski historyk wyróżniony Nagrodą im. Wacława Felczaka i Henryka Wereszyckiego Użyteczne związki organiczne z gazów cieplarnianych Nie zmiana stanu skupienia śniegu Wodór z wody i światła Smartfony ograniczają zainteresowanie uczniów nauką Resort nauki chce wprowadzić parytety i feminatywy Czeski historyk wyróżniony Nagrodą im. Wacława Felczaka i Henryka Wereszyckiego Użyteczne związki organiczne z gazów cieplarnianych Nie zmiana stanu skupienia śniegu Wodór z wody i światła Smartfony ograniczają zainteresowanie uczniów nauką Resort nauki chce wprowadzić parytety i feminatywy Czeski historyk wyróżniony Nagrodą im. Wacława Felczaka i Henryka Wereszyckiego Użyteczne związki organiczne z gazów cieplarnianych Nie zmiana stanu skupienia śniegu Wodór z wody i światła Smartfony ograniczają zainteresowanie uczniów nauką

## Partnerzy