



Instytut Biochemii Technicznej

**Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Politechnika Łódzka**

Nanotechnologia – niewidzialna potęga

Tadeusz Antczak

**Wszelki prawdziwy
postęp techniczny jest
nieodróżnialny od magii**

Artur C. Clark

Nanotechnologia jest nauką technologiczną ściśle powiązaną z wytwarzaniem.

Aby coś wytworzyć należy mieć narzędzia i posiadać umiejętność ich wykorzystania.

Ten rodzaj technologii „wybrała i doskonalila” od zarania natura budując, atom po atomie, środowisko życia na Ziemi.

“Nie można przewidzieć rozwoju nauki. Przeczy temu logika, bo twierdzenie, że znamy fakty, które odkrywamy w przyszłości, nie ma sensu.

Natomiast przewidzenie nowej technologii jest trudne, ale możliwe”.

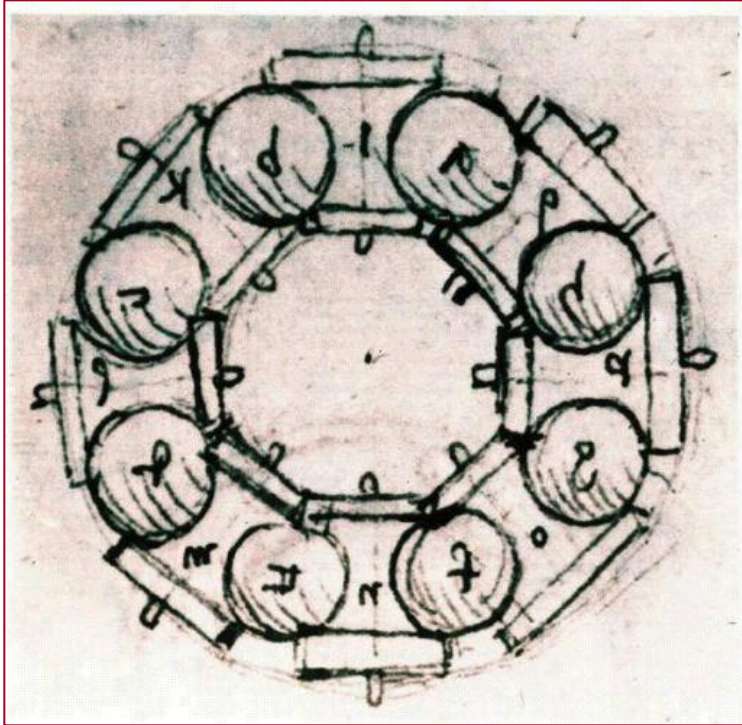
Nanocząstki są zbyt duże by spełniać zasady mechaniki kwantowej, a zbyt małe, aby spełniać zasady fizyki klasycznej.

**Zadziwiające właściwości nanostruktur, wynikają z niespotykanego w skali makroświata stosunku powierzchni do objętości nanoobiektu
(*efekt geometryczny*)**

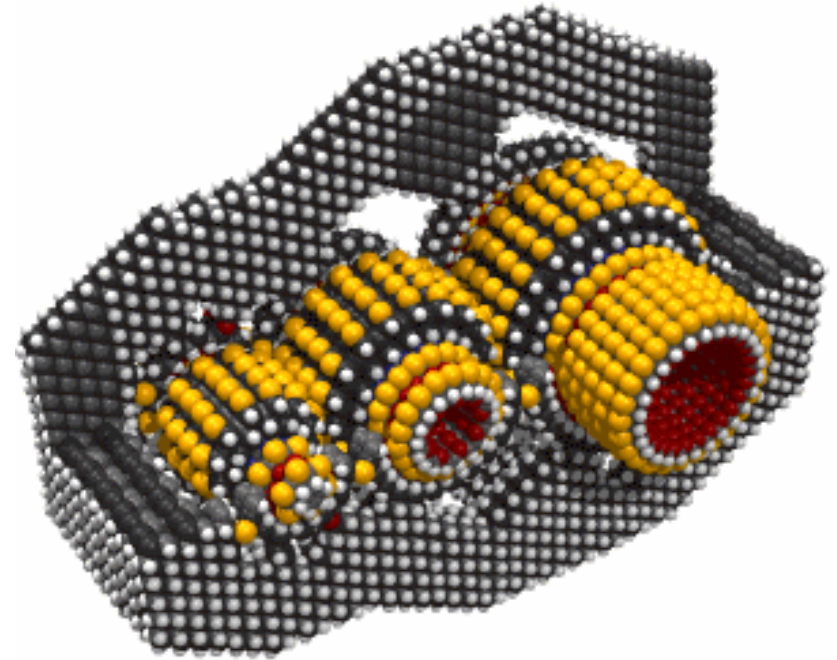
Wzrost powierzchni wraz ze zmniejszeniem się rozmiarów nanocząstki prowadzi w większości nanomateriałów do zmian w odległościach międzyatomowych w cząstce.

Zadziwiające właściwości nanostruktur, wynikają także z manifestujących się w tej skali efektów kwantowych co stwarza olbrzymie możliwości w konstruowaniu materiałów o pożądanym właściwościach.

Przewidywanie rozwoju technologii



Szkic łożyska kulowego
Leonarda da Vinci
(500 lat wstecz)



Łożysko i przekładnia
molekularna (MODEL)

Nanotechnologia – dzień dzisiejszy

W roku **2013** sprzedaż nanoartykułów na świecie osiągnęła wartość ok. **1 biliona \$**

Globalny rynek - Nanotechnologia żywność:

2006 – **140 mln \$**;

2012 – (prognoza) **5,6 mld \$**

(Reuters)

**Okolo 400 firm na całym świecie prowadzi badania
możliwych zastosowań nanotechnologii do wytwarzania
żywności i opakowań żywności**

(Nature Nanotechnologii, 2010)

**Nano-wynalazki są obecnie wykorzystywane w ponad
500 produktach konsumenckich**

Tove K. Danovich, Food Politic, February 26, 2013

W 2006 roku 200 produktów zawierało nanocząsteczki

**W 2010-2011 było 1300-1600 produktów zawierających
nanocząsteczki**

**W 2020 szacuje się że liczba tych produktów wzrośnie do
3400**

Food Freedom News; 06 Jan 2012

American Chemical Society Journal podaje, nanocząstki są obecnie używane w 89 popularnych produktów spożywczych, w tym M & Ms i Mentos, Dentyne i gumy Trident, śmietanki do kawy, Nestle Pop-tarty, Kool-Aid, galaretki, ciasta i frostings Betty Crocker.

(Food Freedom News; Michael Olson, Heather Miller, February 2013).

Niektórzy eksperci spekulują, że w 2015 roku ok. 40 % amerykańskich produktów spożywczych będzie zawierać nanocząsteczki.

***W sierpniu 2013 Unia Europejska
ogłosiła definicję nanomateriału***

Nanomaterials – Environment – European Commission 20.08.2013

Nanotechnologia – żywność (poruszane zagadnienia)

- I Ochrona środowiska.**
- II Nowa generacja opakowań.**
- III Otrzymywanie organizmów AMO
(*Atomically Modified Organisms*).**
- IV Silniki molekularne i nanoroboty.**
- V Co ludzie sądzą o nanotechnologii?**

Na zapytanie agencji Routers - Uniliver, Kraft i Nestle oświadczyły, że nie stosują nanoproduktów do produkcji żywności.

Wykonane w tym zakresie badania uważają za ważne z punktu ich potencjalnych zastosowań w przyszłości.

Firma Kraft oświadczyła, że obecnie prowadzi jedynie badania w zakresie opakowań.

Okolo 20 największych światowych producentów żywności (w tym Nestle, Hershey, Cargill, Campbella, Sara Lee i Heinz), mają laboratoria zajmujące się nanożywnością.

„Zastosowanie niektórych produktów nanotechnologii może przyczynić się do zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego i higienizacji produkcji żywności”

I Ochrona środowiska

Remediacja



Nanodrobiny efektywnie penetrują skażone rejony ziemi lub wody

applications.

reactive FeS

adsorbed Cd, As

oxidized iron

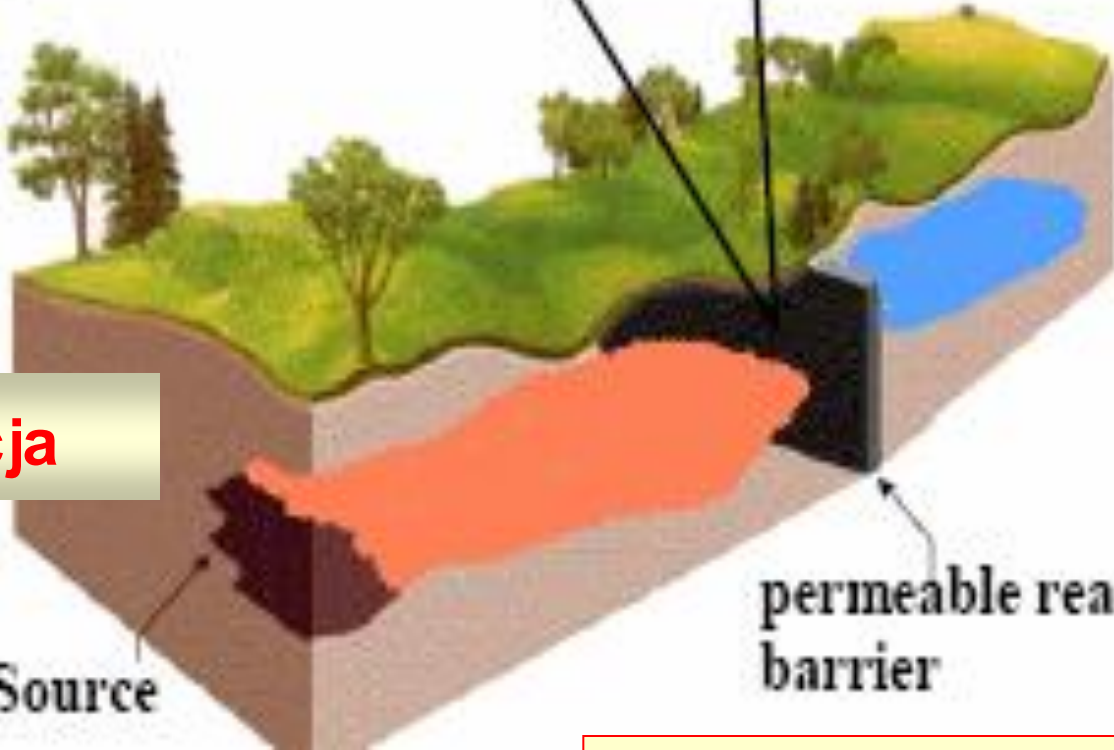
microbes

precipitated As, Cd

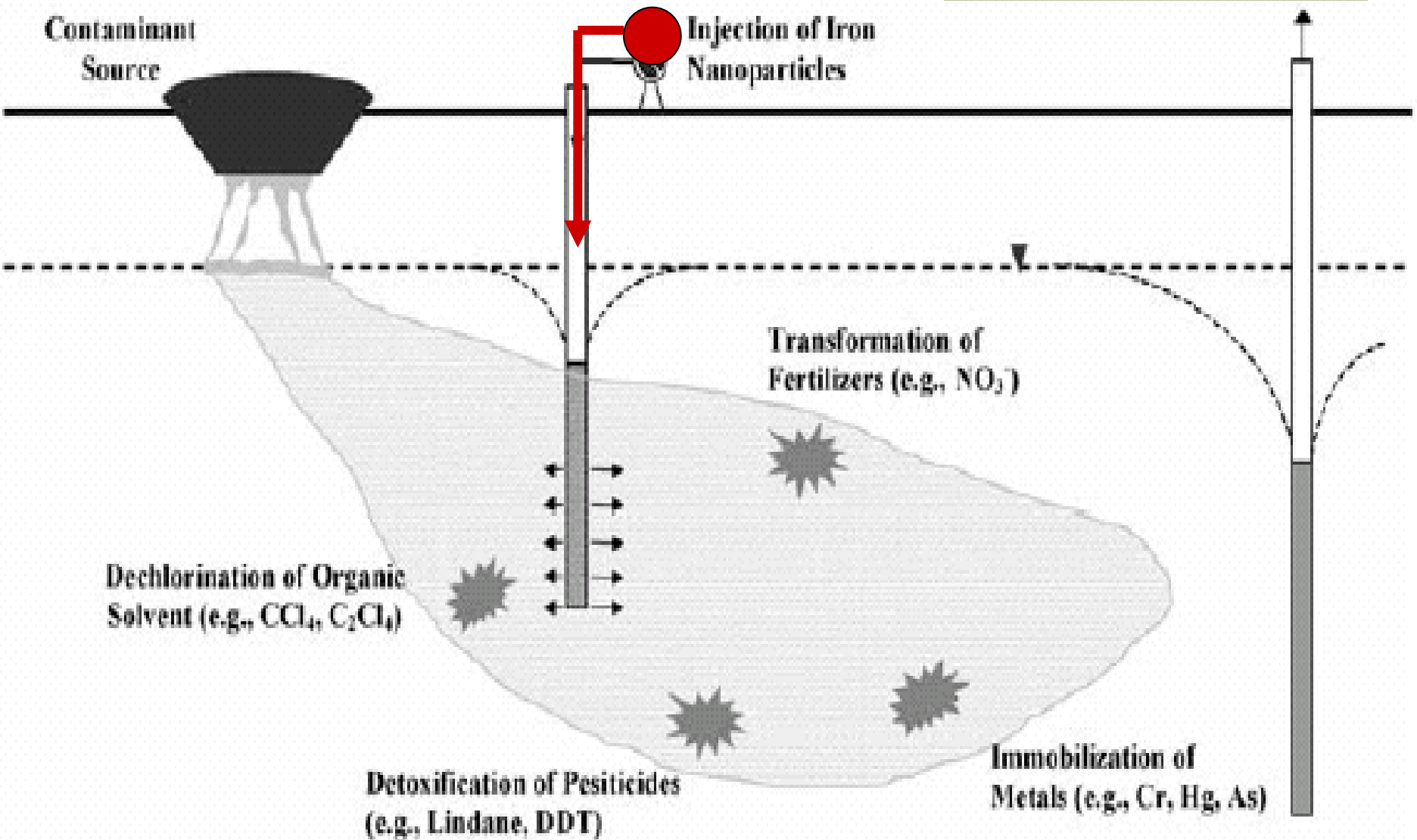
Remediacja

As, Cd Source

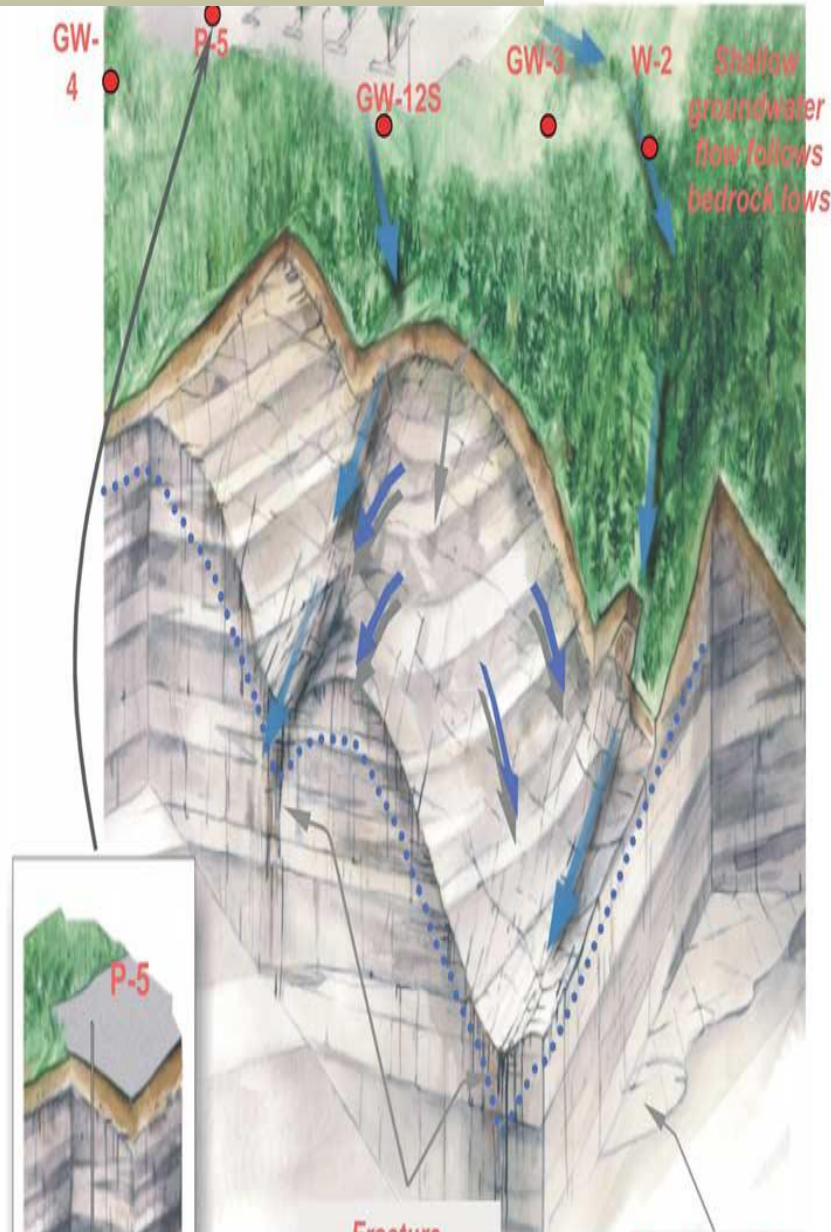
permeable reactive barrier



Remediacja



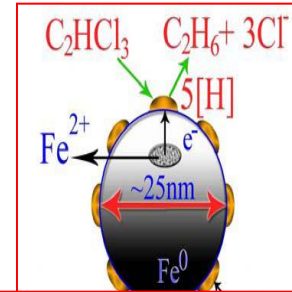
Remediacja



Środowisko naturalne skażone trichloroetenem

Na głębokość 38 metrów wprowadzono 6056 litrów nanocząstek o stężeniu 1,9 g/l (11,2 kg).

Nanokulki 99,5% Fe



Wydajność 99%

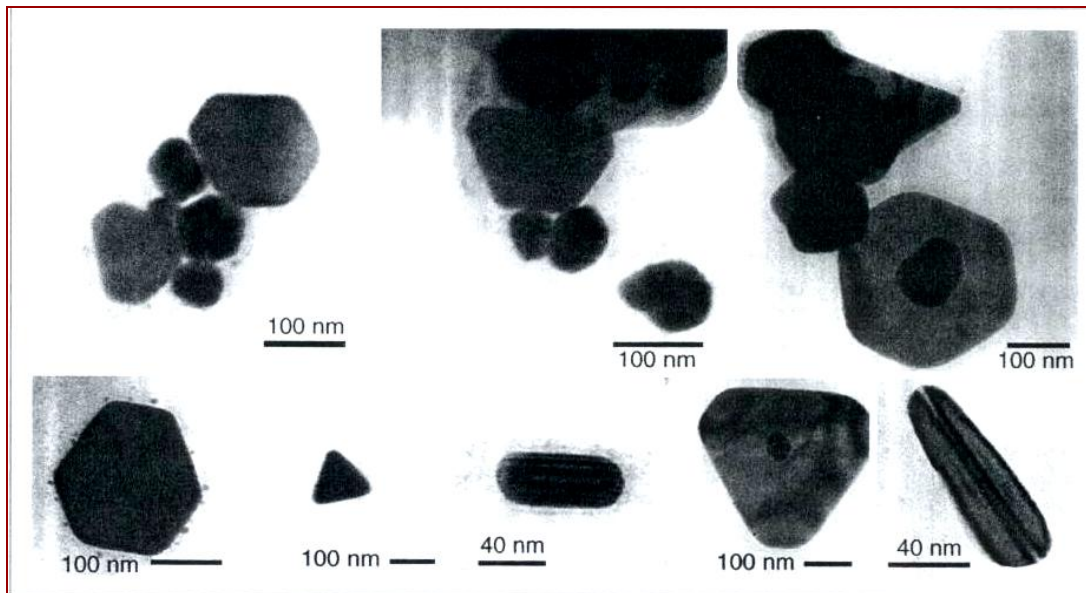
Substancje chemiczne usuwane przy udziale aktywnych nanocząsteczek (remediacja).

- **Chlorowcowe pochodne** metanu, etenu i benzenu;
- **Pestycydy**;
- **Barwniki organiczne** (oranż II, chryzolidyna, czerwień kwasowa i inne);
- **Jony metali ciężkich** (Hg^{+2} , Cd^{+2} , Ag^{+} , Ni^{+2});
- **Polichlorowane węglowodory** (PCBs, dioksyne, pentachlorofenol);
- **Inne organiczne zanieczyszczenia**;
- **Nieorganiczne aniony** (dichromianowy, arsenianowy, nadchlorowy, azotanowy i inne).

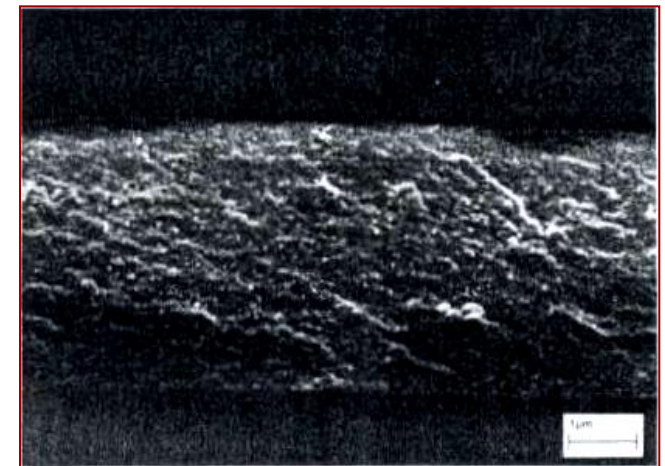
I Ochrona środowiska

Otrzymywanie nanokryształów w „fabryce życia”

Nanokryształy srebra



Pseudomonas stutzeri

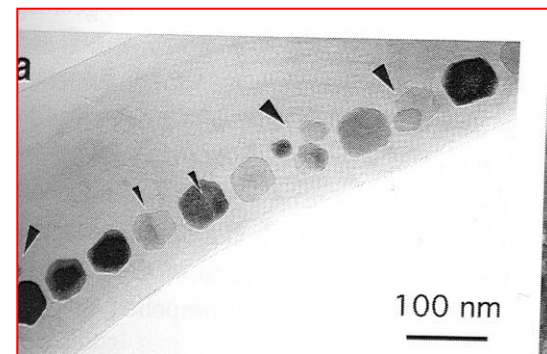
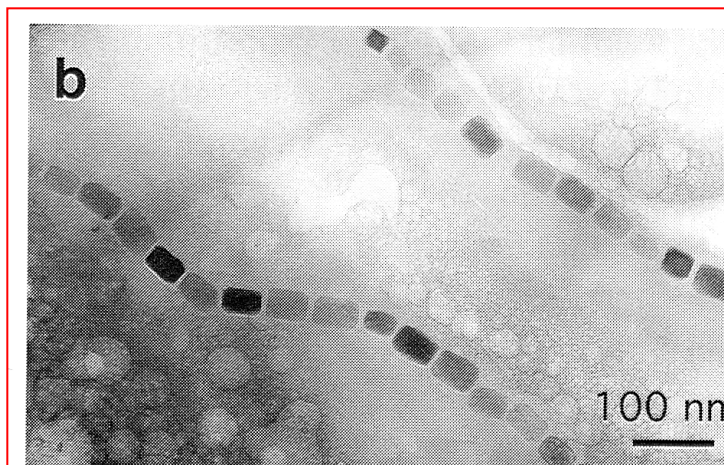


Szkło pokryte filmem komórek *Pseudomonas stutzeri* zawierających srebro i wypalone w temperaturze 400° C.

I Ochrona środowiska

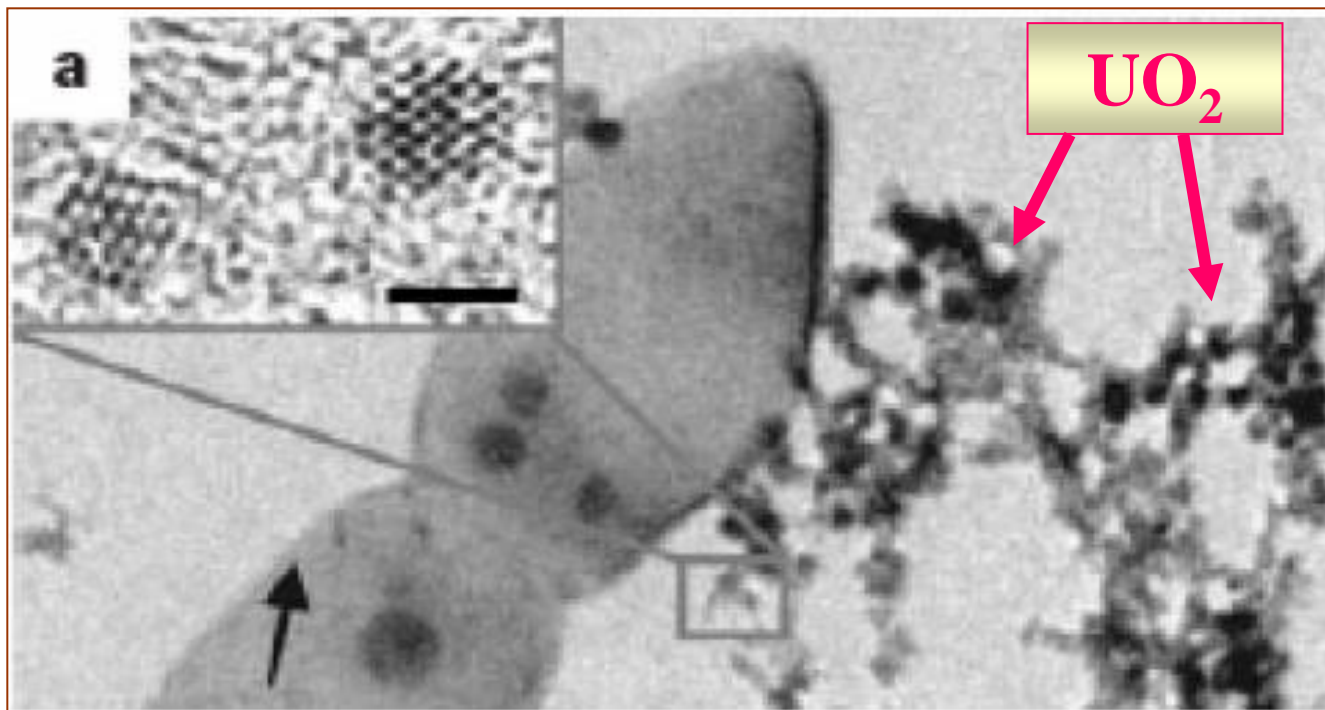
Otrzymywanie nanokryształów w „fabryce życia”

α -Protobakterie syntezują magnetyczne monokryształy zawierające F_3O_4 lub Fe_3S_4 o wielkości kryształów 35-120 nm (zastosowanie: do usuwania radionuklidów ze ścieków; do lokalizacji pól magnetycznych oraz drobin meteorytowych).



I Ochrona środowiska

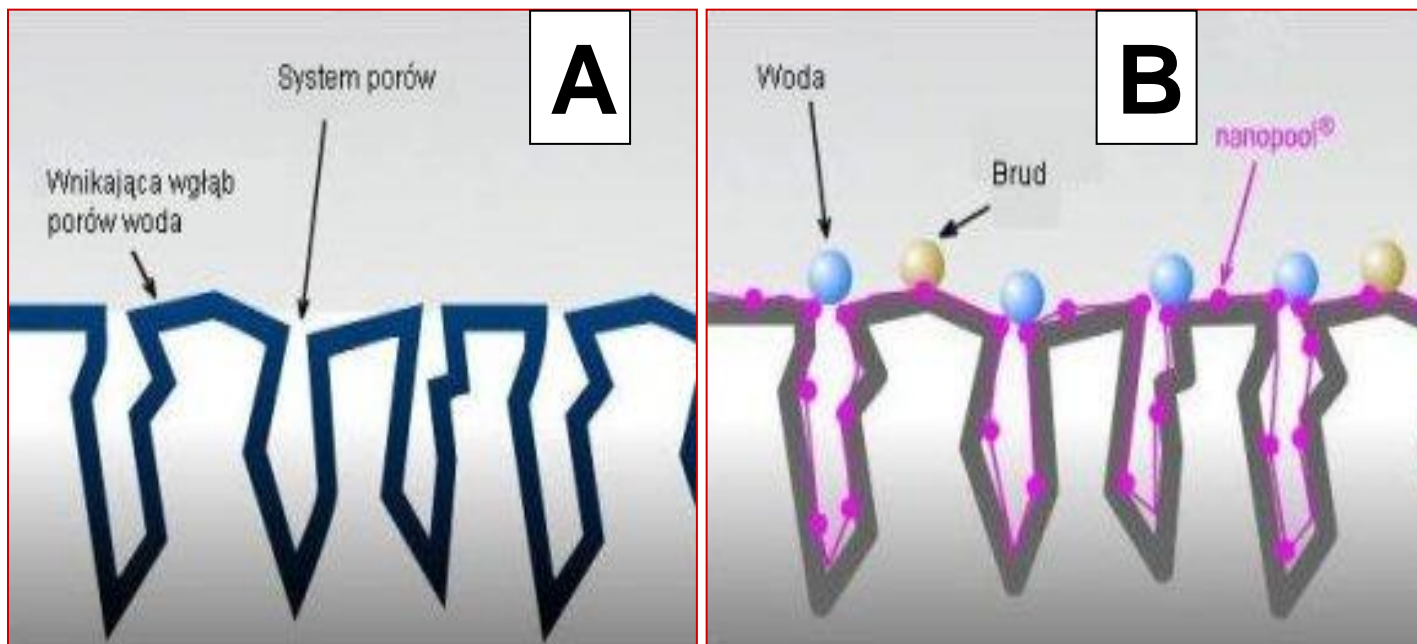
Otrzymywanie nanokryształów w „fabryce życia”



Bakterie *Desulfosporosinus* sp. prowadzą konwersję U(VI) do U(IV). Nanokryształy UO_2 widoczne poza komórką drobnoustroju.

I Ochrona środowiska

Modyfikacja powierzchni nanocząstkami

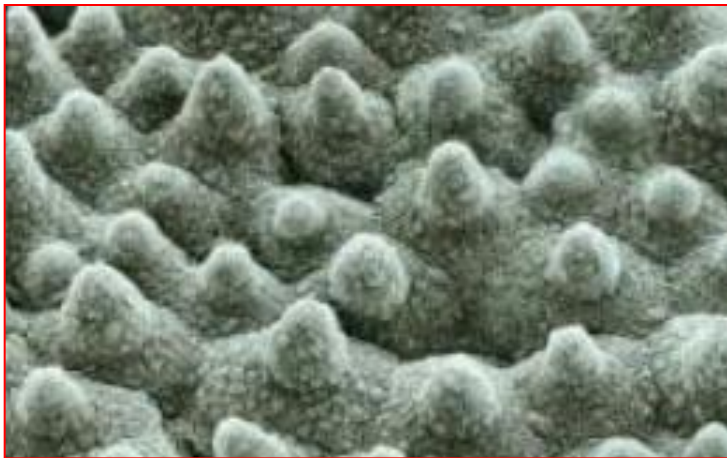
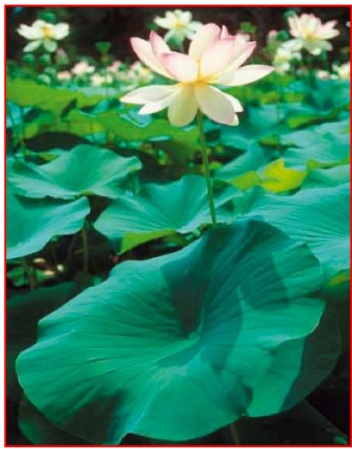


Schemat powierzchni tradycyjnych (A) i zabezpieczonych nanocząstkami (B).

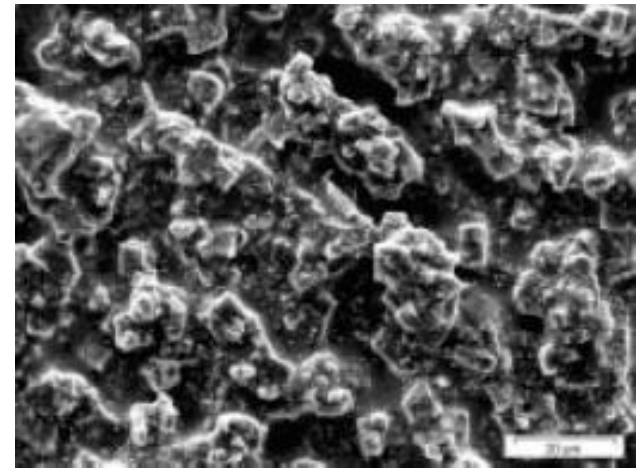
I Ochrona środowiska

Modyfikacja powierzchni nanocząstkami

Kwiat lotosu
(*Nelumbo lucifera*)



Struktura powierzchni
liścia lotosu (SEM)

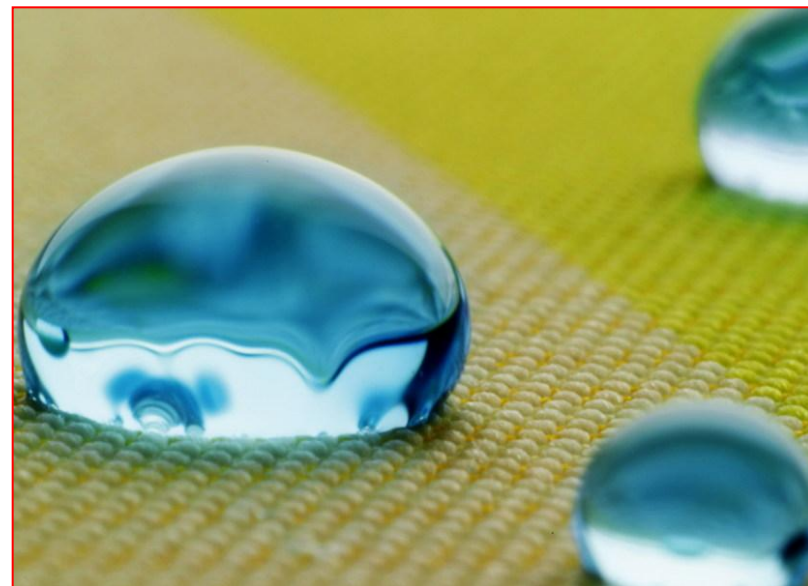


Szkło z naniesioną strukturą
hydrofobową (SEM)

<https://www.google.pl/search?q=Struktura+powierzchni+li%C5%9Bcia+lotosu&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=zjuCUSyHNIqR5ASr4YCoBA&ved=0CDkQsAQ&biw=1235&bih=620>

I Ochrona środowiska

Modyfikacja powierzchni nanocząstkami



**Krople wody usuwające
zbrudzenia ze
modyfikowanego szkła**

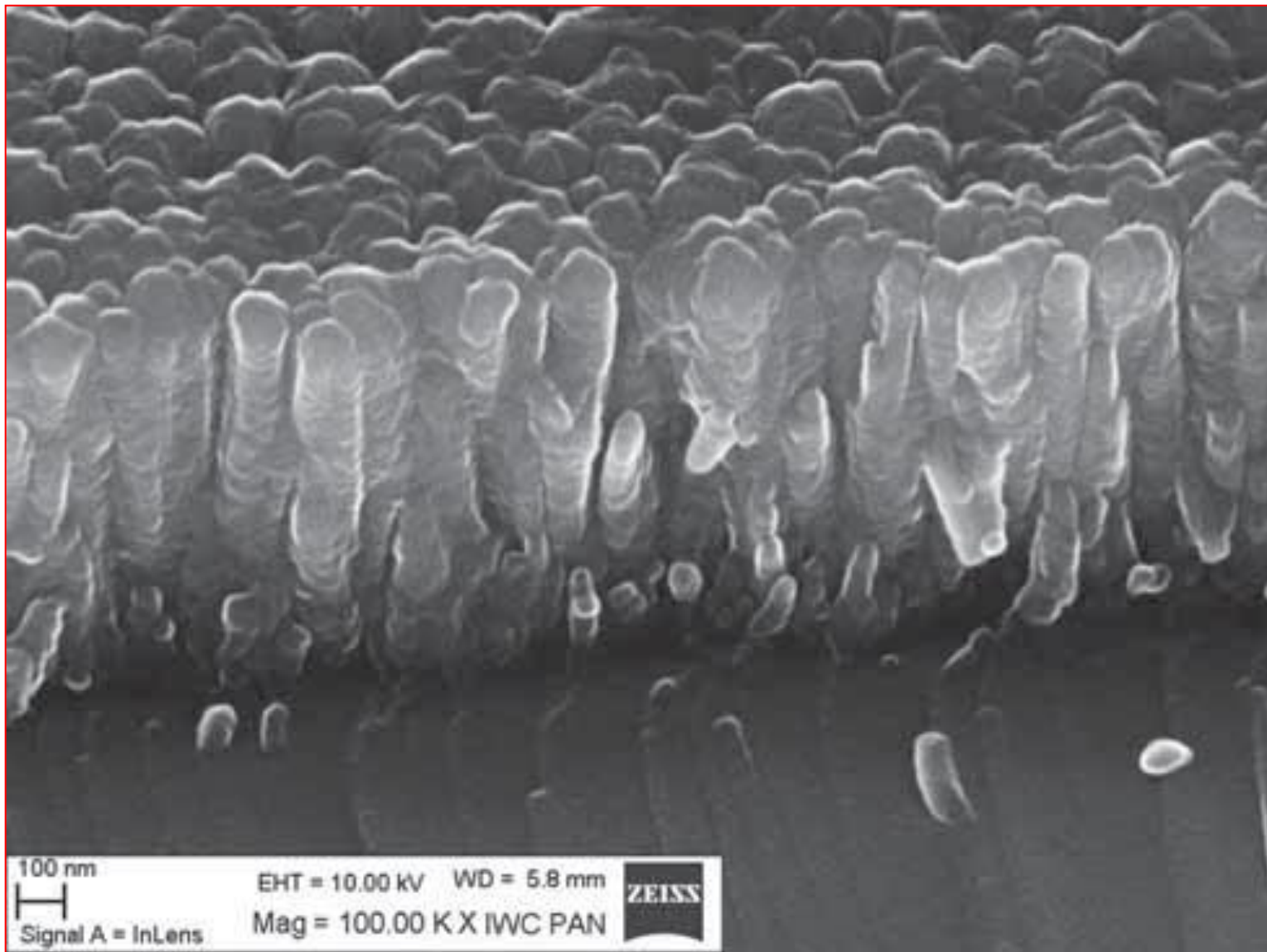
I Ochrona środowiska

Warstwy fotokatalityczne

Powłoki fotokatalityczne wykonane z nanocząsteczek TiO_2 są *superhydrofilowe*.

W obecności promieniowania UV na powłokach tych zachodzi fotokataliza wody.

Powstający rodnik wodorotlenowy posiada silne właściwości utleniające.



Przełam cienkiej warstwy TiO₂

I Ochrona środowiska

Powłoki fotokatalityczne



E-coli



Efekt bakteriobójczy na próbce tapety pokrytej powłoką po 24 godzinach

I Ochrona środowiska



**Praca wykonana farbą TYTAN EO na fasadzie budynku
(Poznań Festiwal Muralia Outer Spaces 2011), fot. Selena.**

I Ochrona środowiska

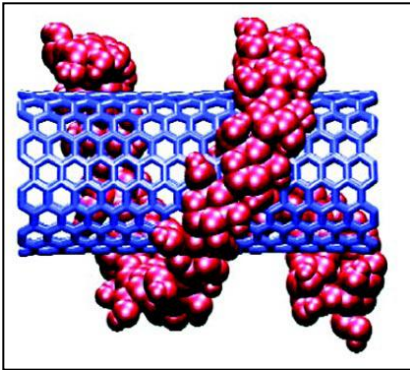
Modyfikacja powierzchni nanocząstkami

Zalety

- Ułatwienie utrzymywania czystości;
- Eliminowanie osadzania się brudu;
- Ochrona przed działaniem substancji żrących i drażniących.

II Nowa generacja opakowań

Przechowywanie żywności „*Inteligentne*” plastiki i opakowania



Łańcuch amylozy oplatający
nanorurkę węglową



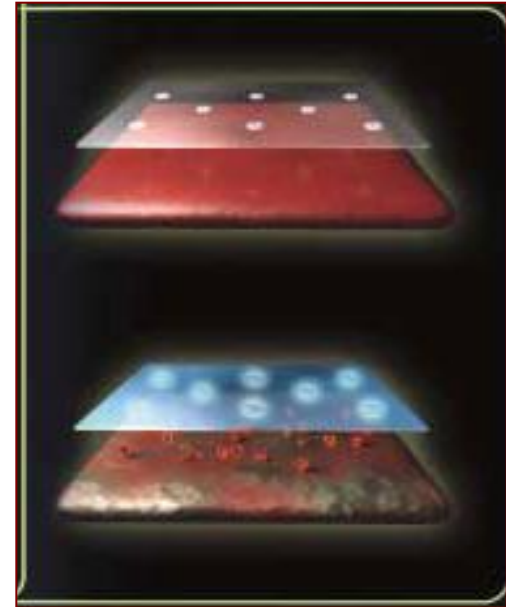
Nanokompozyty - nowe tworzywa sztuczne i inne materiały dla wyspecjalizowanych zastosowań (napoje gazowane, piwo, soki, mięso, ser i inne).

II Nowa generacja opakowań

Przechowywanie żywności



Opakowanie tradycyjne

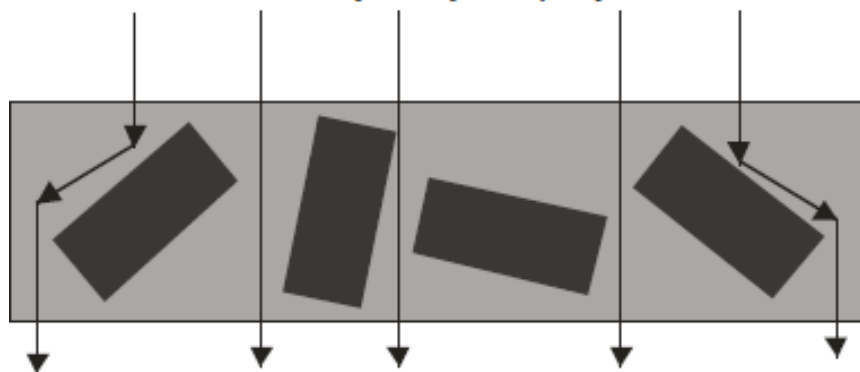


Nowy rodzaj opakowania zawierający *nanocząsteczki* (**BASF, Kraft**)

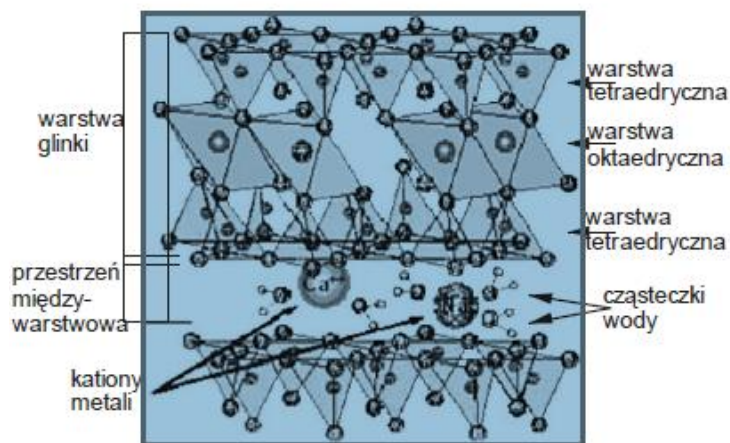
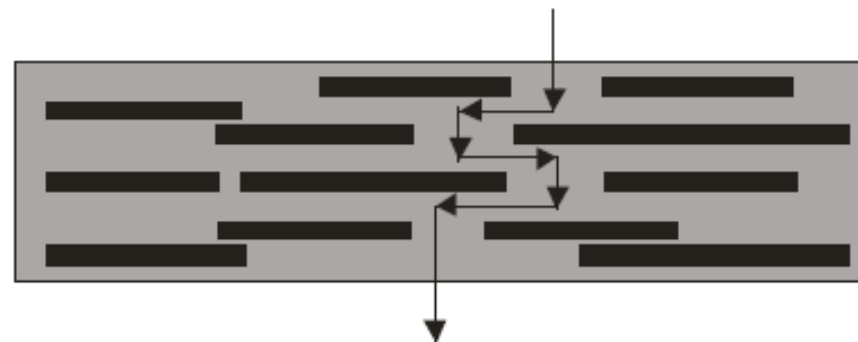
Masa produkowanych *nanoopakowań* w roku **2011** była ok. **20** razy większa niż w roku **2006**

Opakowania o ograniczonej przepuszczalności tlenu i pary wodnej

Konwencjonalny kompozyt



„Labirynt” utworzony przez pakiety lub warstwy MMT w nanokompozycie polimerowym



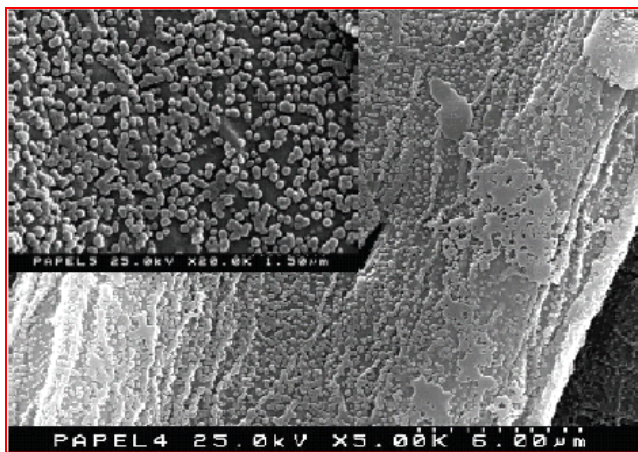
Równoległa orientacja warstw krzemianowych zostaje zachowana w procesie przetwórczym

Struktura krystalograficzna montmorylonitu (MMT)

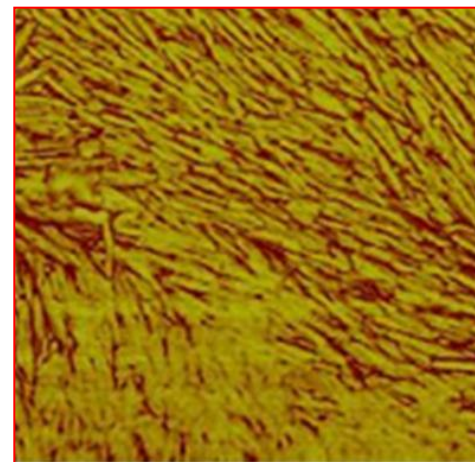
Włókna nanocelulozy

Zastosowanie nanotechnologii umożliwi wzmocnienie kartonu celulozy, który będzie ciekim i wygodnym w użyciu dla ludzi i całkowicie biodegradowalnym opakowaniem żywności.

Takie lekkie, odporne na wodę i wytrzymałe opakowania zawierające nanocząsteczki od 2009 roku już są na rynku.

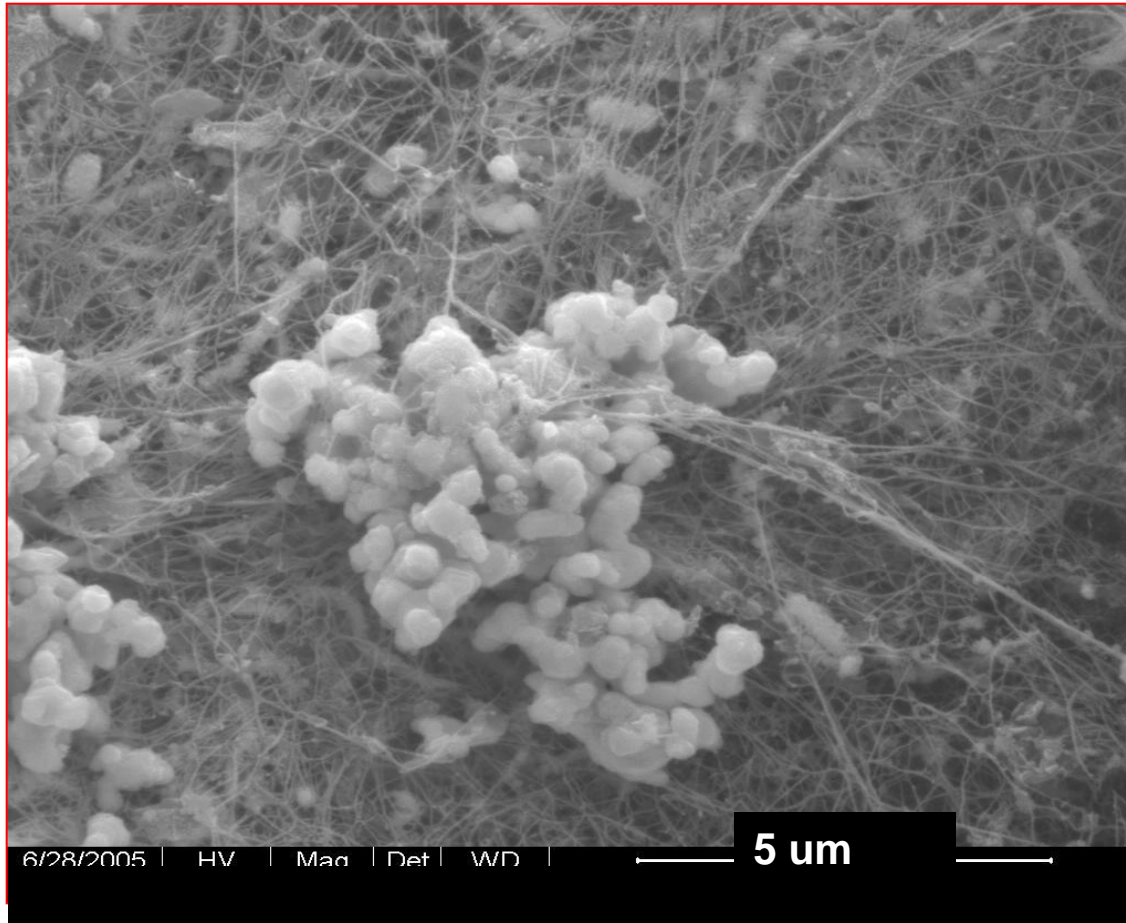


200-300 nm (CaCO_3 , TiO_2 , ZnO)



Włókna nanocelulozy

II Nowa generacja opakowań



**Celuloza mikrobiologiczna (nanoceluloza)
modyfikowana srebrem**

Badania wykonane w Instytucie Biochemii Technicznej Politechniki Łódzkiej

Uważa się, że zastosowanie nanotechnologii w produkcji żywności i do ochrony środowiska naturalnego spowoduje czystsza produkcję ponieważ umożliwi szybsze i czulsze monitorowanie patogenów w środowisku naturalnym, paszy i żywności.

III Atomically Modified Organisms (AMO)

Nanonasiona – w Tajlandii (**Chiang Mai University**) zmodyfikowano DNA ryżu przez wykonanie laserem **nanootworu** w ścianie komórkowej i membranie oraz wprowadzenie atomu azotu. Pozwoliło to na zmianę koloru ziarna z purpurowej na zieloną.

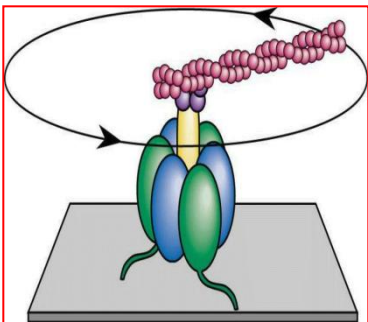
<http://online.sfsu.edu/rone/Nanotech/atomicrice.htm>

IV Silniki molekularne i nanoroboty



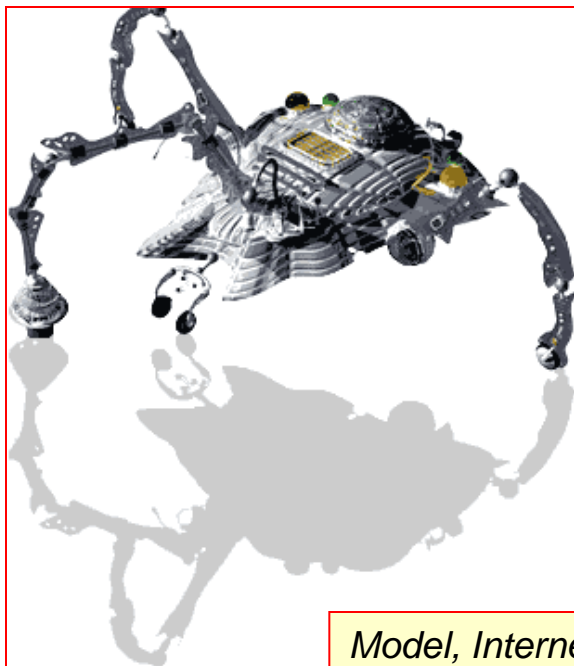
Eric Drexler w 1986 roku publikuje książkę futurologiczną pt. „Silniki tworzenia. Nachodząca era notecnologii”

http://e-drexler.com/p/06/00/EOC_Cover.html



Konstrukcja motorów molekularnych i nanorobotów

**Molekularny
motor rotacyjny
ATP-aza**



Model, Internet

**Prace te uznawane są za
niezwykle ważne
i perspektywiczne**

Studia teoretyczne nad molekularnymi maszynami pokazują możliwość funkcjonowania tego typu urządzeń.

Zadania nanorobotów

- Modyfikacja np. DNA, białek, lipidów bezpośrednio w komórce;
- Zwalczanie patogenów;
- Budowanie składników żywności „*atom po atomie*”, niejako na zamówienie.

Sądzi się, że nanoroboty rozwiążą wszystkie problemy ludzkości, np.:

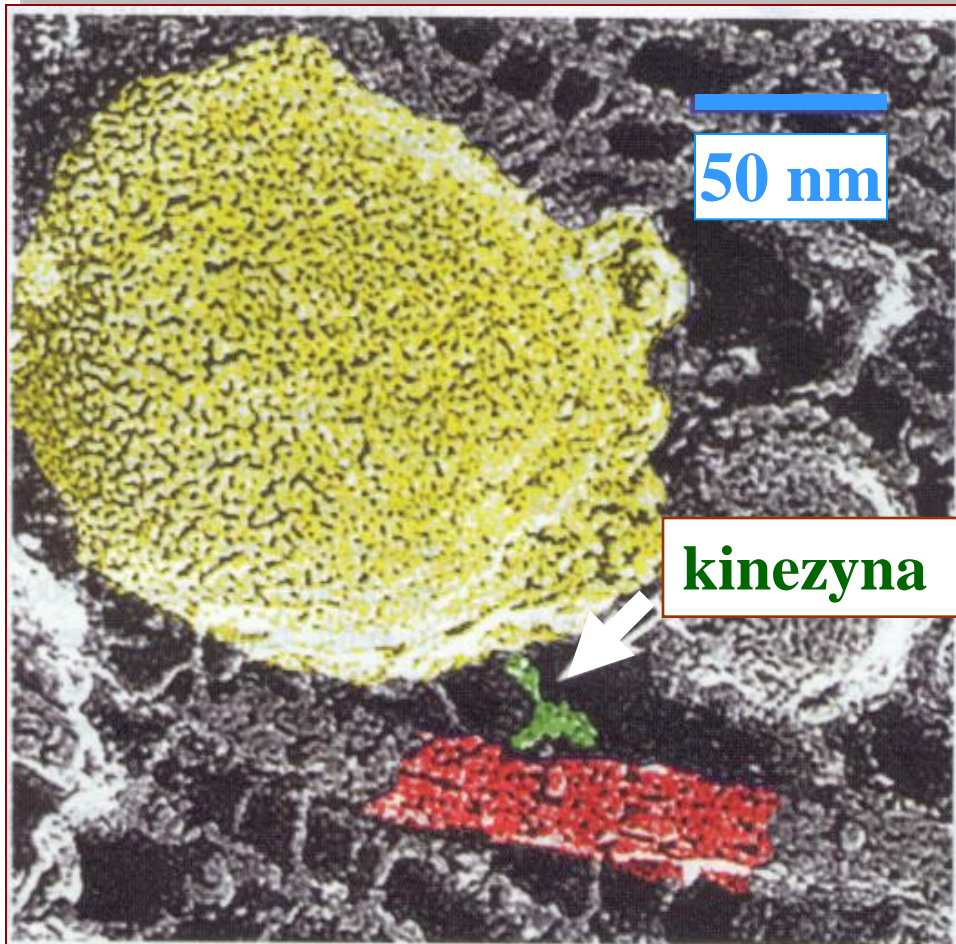
- głód,**
- nieuleczalne choroby,**
- zanieczyszczenie środowiska.**

Czy warto jest o co kruszyć kopie? - TAK!

„Molekularna maszynaria” zielonych upraw wykorzystując surowce najtańsze z możliwych, przemienia więcej energii i syntetyzuje większą masę substancji organicznych niż cały wybudowany przez człowieka przemysł.

Jak zbudować nanorobota ?

**Zastosować to co oferuje nam przyroda
oraz to co już sami potrafimy w nanoskali
wykonać.**

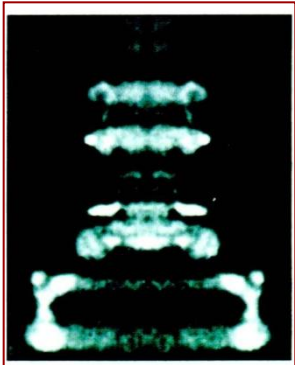


Molekularne motory liniowe

Kinezyzna (**110 nm**)
związana
z mikroprzewodem
transportująca pęcherzyk
z szybkością do $5 \mu\text{m/s}$.

Paliwo - ATP

Miozyna V krocząca po
włókienku aktyny.



Molekularne motory rotacyjne

Doświadczenie Carlo D. Montemagno

„**Białkowy silniczek**” obracający wiciami wyodrębniony z komórki bakterii *Bacillus* PS3, do którego przyczepiono nanopręcik wykonany z niklu.

Silnik o wysokości 11 nm, napędzany przez ATP, generował siłę >100 pN i obracał nanopręcikiem **8-razy na minutę**.

Motor można włączać i wyłączać za pomocą wprowadzonej grupy chemicznej.

Udowodniono, że motory molekularne wydobyte z komórki mogą funkcjonować także poza komórką.

Nanotechnologia DNA

Ośmiościan z DNA



Krawędzie długości ok. 14 nm

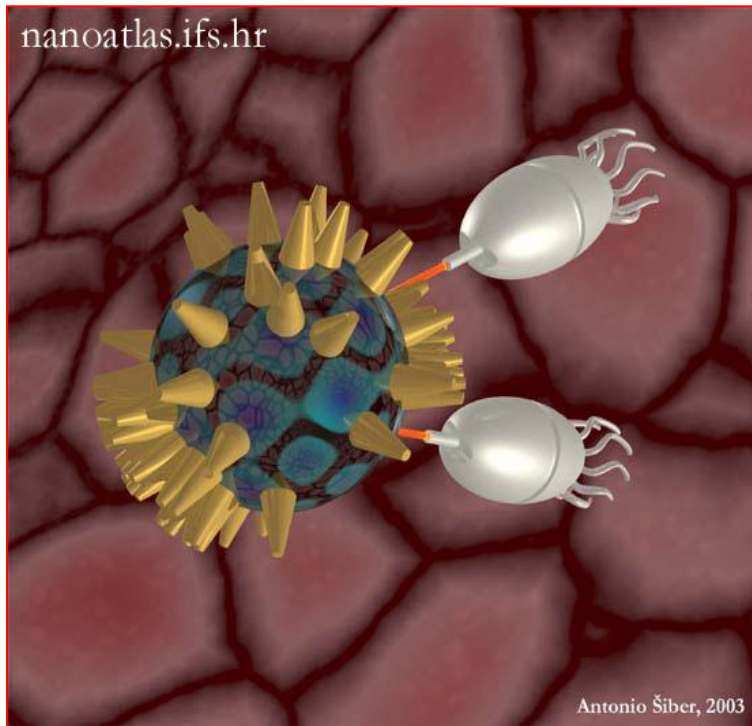
MODEL

Ośmiościan powstał z jednej długiej nici DNA i pięciu krótkich nici pomocniczych. Każda krawędź składa się z dwóch równoległych, splecionych ze sobą podwójnych helis.

Gotowy ośmiościan nie może się sam reprodukować, ale w stanie niezłożonym może być klonowany w milionach egzemplarzy. Długa nić daje się bez trudu kopiować standardową reakcją PCR.

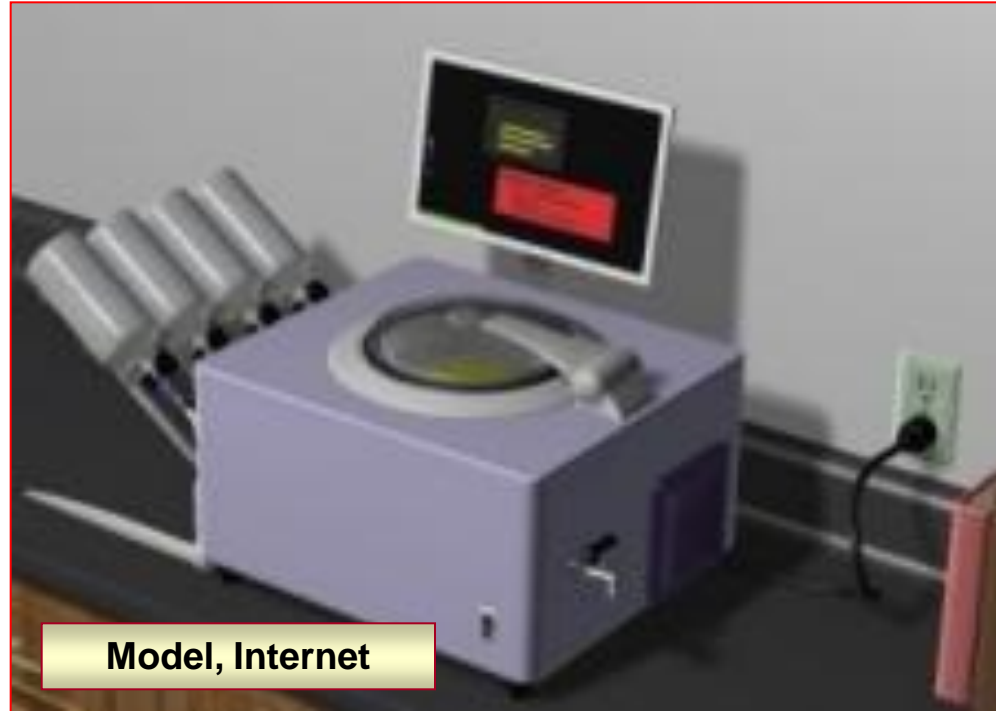
Proces ten jest dalece mniej efektywny niż replikacja, która zachodzi w każdym żywym organizmie.

Zbudowanie molekularnych robotów zdolnych do samopowielania DNA i RNA, jest bliskie ...stworzeniu nowej formy życia.



Nanoroboty (molekularne monterzy)

Nanorobot powinien posiadać komputer i własne źródło zasilania oraz: manipulatory, bionanosensor, sensor akustyczny, sensor środowiska, antenę, konektor, system napędu

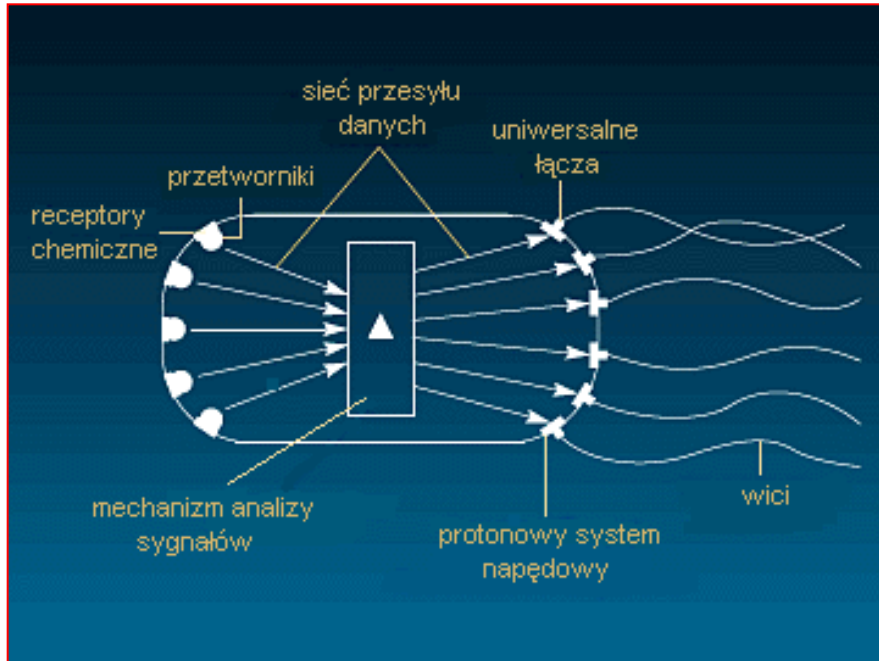


Model, Internet

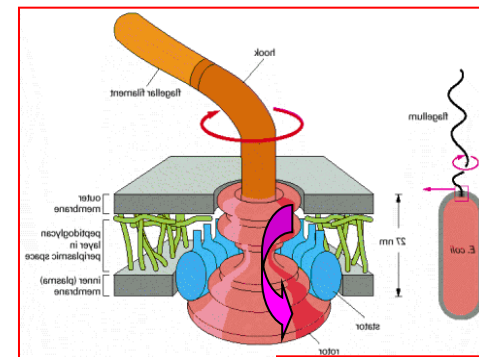
Nanoroboty będą wtedy użyteczne jeżeli będą wytwarzane na drodze samoreplikacji.

Replikator (nanorobot) wykona swą kopię w czasie 0,001 sek.

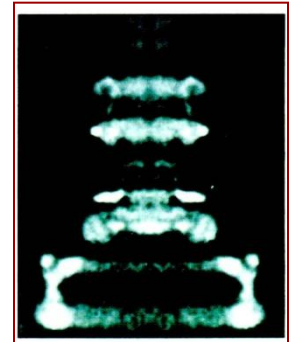
Molekularny replikator w praktyce



Bakteria *Escherichia coli* jest zdumiewającym replikatorem potrafiącym kopiować samą siebie w czasie 1200 sekund.



H⁺ lub Na⁺



W czasie 24 godzin 1 bakteria *Escherichia coli* wytwarza 4.7×10^{21} komórek (kwadratowe pudło o długości boku 17 m – 4900 m³).

V Co ludzie sądzą o nanotechnologii ?



Nanoentuzjaści

Nanoentuzjaści sądzą, że mądre działanie człowieka, właśnie na poziomie *nano*, w procesy życia na ziemi może stworzyć szansę przetrwania rodzaju ludzkiego na kuli ziemskiej.

Uważają, że nanomodyfikowane: żywność i składniki żywności już teraz wydłuży czas życia ludzi.

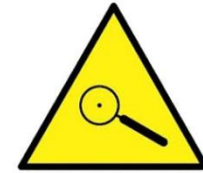
Któregoś dnia molekularne roboty zbudowane z atomów zlikwidują nieuleczalne choroby, zwiększą produkcję żywności, zniwelują zanieczyszczenie środowiska.

Nanosceptycy



NANOHAZARD

Dimitris Deligiannis, Greece



NANO HAZARD

Shirley Gibson, Scotland



Kypros Kyprianou, England

Zadają pytanie

Czy *nanoprodukty* będą bezpieczne?

Myślą o zabezpieczeniu środowiska naturalnego przed działaniem przemysłu nanomateriałów.

Obawiają się wykorzystanie nanorobotów do celów militarnych.

Gorące tematy wynikają z:

- Świadomości iż zbliżamy się do przełomu związanego z *nanożywnością*;
- Z faktu, że nie było debaty na temat bezpieczeństwa nanożywności wyprodukowanej bezpośrednio lub pośrednio z nanomateriałów;
- Z braku badań toksykologicznych oraz określenia możliwych zagrożeń powodowanych przez nanomateriały w kontekście ich wykorzystania do produkcji żywności oraz samej *nanożywności*;
- Z niemożliwości wykluczenia niekorzystnych oddziaływań pomiędzy komórkami ciała i nanomateriałami wchodzącymi w skład żywności czy opakowań;
- Z potrzeby prowadzenia dokładnej oceny ryzyka związanego z *nanożywnością* zanim zostanie ona wprowadzona do obrotu oraz uchwalenia zabezpieczeń prawnych.

Myśląc o wykorzystaniu nanotechnologii w produkcji żywności trzeba pamiętać, że mamy wytwarzać materiały, których nigdy wcześniej nie widziano i nie stosowano na Ziemi i już z racji tego może to mieć w przyszłości wpływ na zdrowie człowieka.

**Konsumenci chcieli by dowiedzieć się z etykiety produktu co jedzą.
Żądają określenia rodzaju ryzyka, które podejmują jedząc nanożywność.**

**Być ostrożnym w stosunku do nowych technologii nie oznacza ich ignorowania.
Przyjęcie zasady ostrożności być może umożliwi uzyskanie najlepszych z obu światów: *dużego i małego*.**

Nie można nie dostrzec potencjału do nadużyć będących efektem ignorancji lub obojętności napędzanej finansową chciwością.

**Nanobiotechnologia jest dziedziną,
którą dzisiaj należy cenić nie za to czego
dokonała ale za to, co uczyniła możliwym.**

***Rzecz w tym, by mieć głowę otwartą na nowe,
śmiałe pomysły, lecz nie na tyle, by wyparował
z niej rozum.***

Michael Shermer

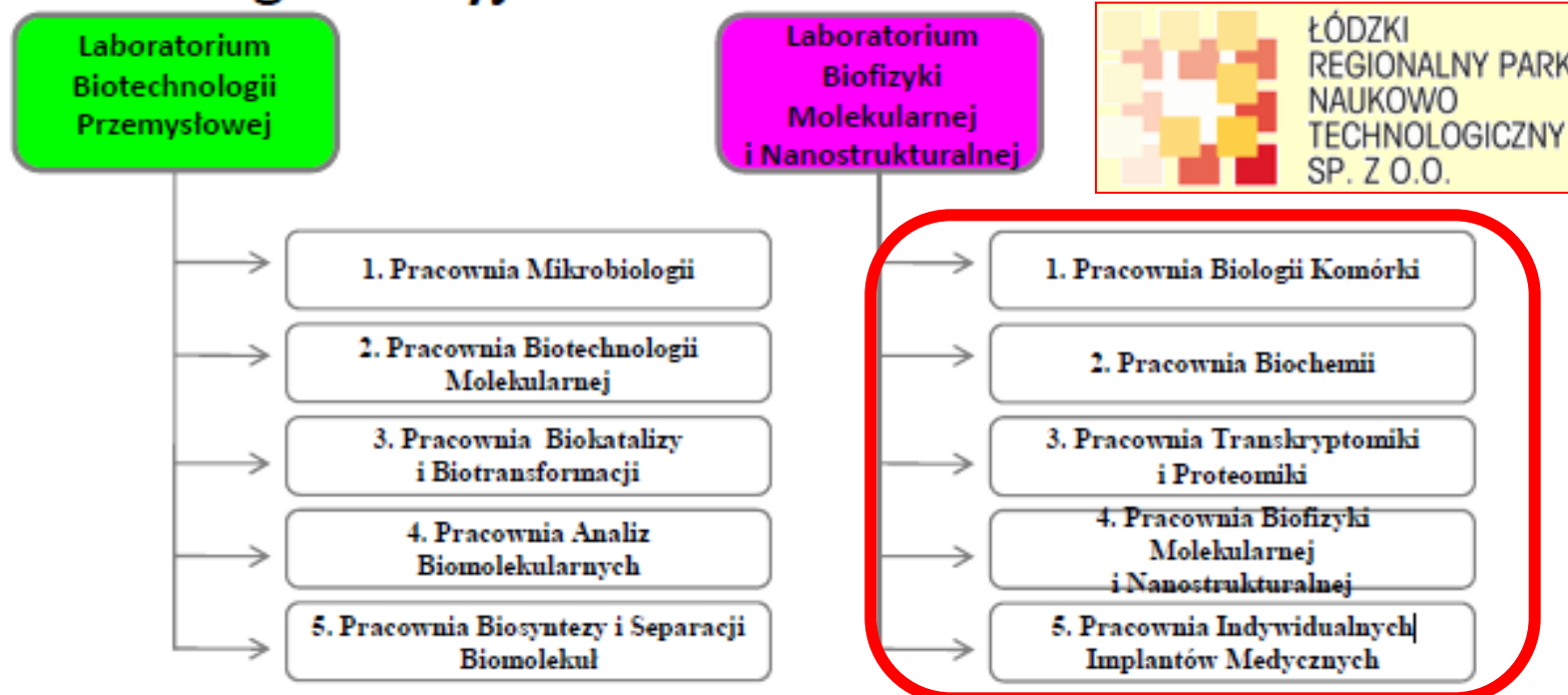
BIONANO PARK

Centrum Badań i Wdrożeń dla Biznesu



Nowoczesne, innowacyjne centrum badań i wdrożeń, składające się z laboratoriów świadczących usługi badawcze dla przemysłu na preferencyjnych warunkach (de minimis). Ośrodek jest zorientowany na przemysł farmaceutyczny, medyczny, kosmetyczny, chemiczny, spożywczy, tekstylny i energetykę ze szczególnym ukierunkowaniem na biomateriały i nanotechnologie

Struktura organizacyjna laboratoriów BioNanoParku



„Już dziś w BioNanoParku w Łodzi można badać świat molekularny i nanostrukturalny oraz jego oddziaływanie na genom”

Kierownik Laboratorium Biofizyki Molekularnej i Nanostrukturalnej prof. dr hab. Bogdan Walkowiak

Skazani na *Nano*

**W nanowymiarze, gdzieś tam schowany
Strojny w orbity i preferencje
Tkwi atom znany, niezbadany
Pomny swej roli i koherencji**

**Mezo uczestnik marności świata
Budulec bazy i nadbudowy
Co chwilę zwalnia by różniej wzlecieć
Od zawsze, stary, a ciągle nowy**

**W pustce materii chwyta atomy
Żonglerkę *in situ* ćwiczy
W mezo-chaosie łowi tony
Największej Pańskiej Tajemnicy**

**Tu się podłączy, tam i przylepi
Idee boskie zrealizuje
Molekularny motor zapuści
...Ostatnio żywność modyfikuje**

**By: była ona pro(pre)biotyczna
Strawna acz wzbogacona
Tania, niskoenergetyczna
Zgodnie z naturą przyrządzona**

**Ekologiczną myślą ozdobna
Technologicznie projektowana
W izotoniczne drinki zasobna
Funkcjonalnością nieokiełznana**

**Stresy krusząca (stąd) tajemnicza
Barwna, pachnąca, dzieło sztuki
Afrodyzjono – ekorołnicza
Mniam-miam ubrane w portki nauki**

**Postęp jest czasu ewenementem
Ezoterycznym wiatrem historii
Boskich rebusów elementem
Tyleż w nim strachu, co euforii
Przynętę rzuca dalej, wciąż dalej
Wędką nauki horyzont grabi
Odkrywa prawdę, podsuwa szalej
Kłamiąc, że *nano* nas zbawi**

**A my *Olbrzymy* bujamy w chmurach
Z nosem zadartym w niewiedzy
Co było pierwsze jajo czy kura?
Dziś z *nano* szukamy odpowiedzi.**

Tadeusz Antczak

Dziękuję za uwagę