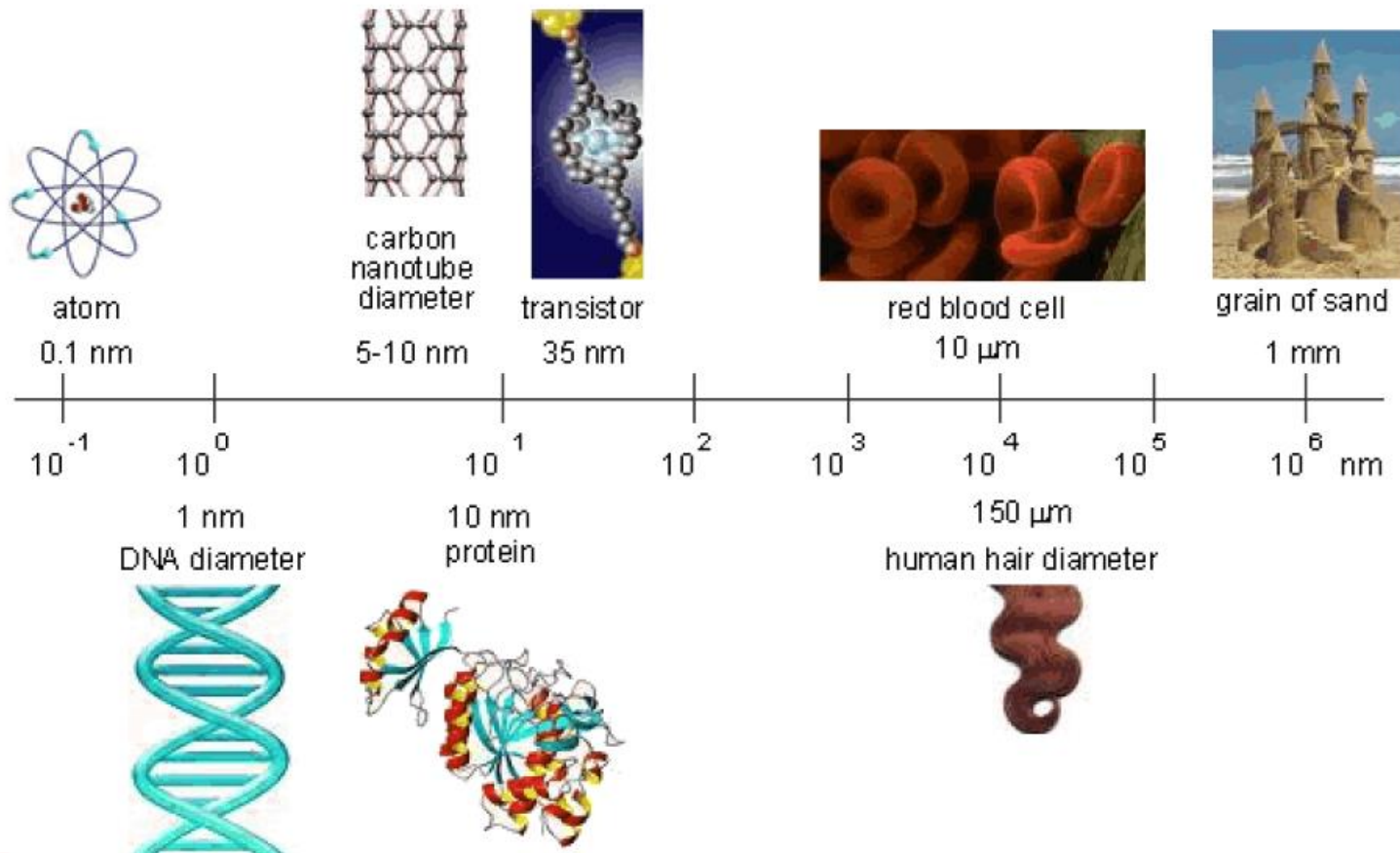


Co to jest nano?

nano – przedrostek jednostki miary o symbolu **n** oznaczający mnożnik 0,000 000 001 = 10^{-9} (jedna miliardowa). Nazwa przedrostka pochodzi z języka greckiego: *nanos* (νάνος) oznacza *karzeł*



NANOCZĄSTKI

Nanocząstki definiowane są jako cząstki (obiekty), których przynajmniej jeden wymiar zawiera się w przedziale poniżej 100 nm.

Struktury pośrednie pomiędzy atomami i cząsteczkami a obiektami mikroskopowymi.

Nano - (gr. „karzełek”)

– przedrostek oznaczający jedną miliardową części całości

$$1 \text{ nanometr} = 10^{-9} \text{ m}$$

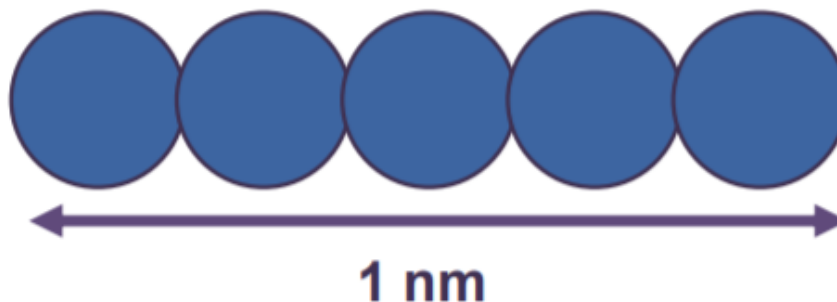
NANOCZĄSTKI


Na odcinku 1 nm można zmieścić:

10 atomów
wodoru



5 atomów
krzemu

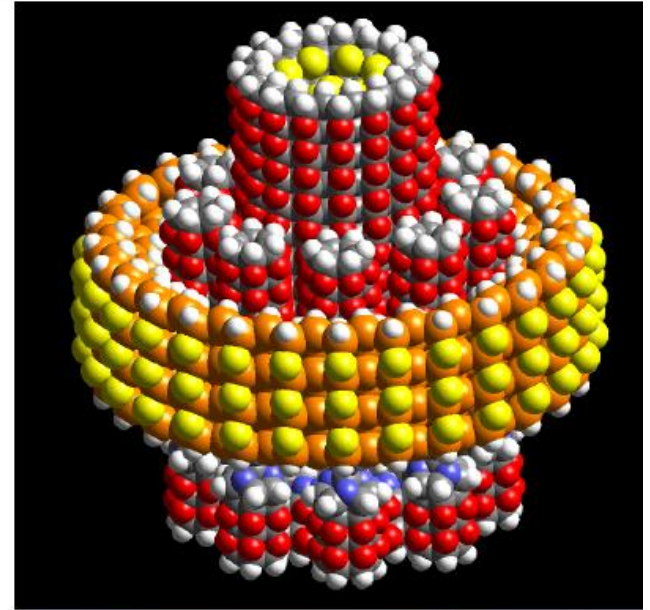


The background of the slide is a grayscale scanning electron microscope (SEM) image showing a highly porous, interconnected network of nanoscale fibers or particles, creating a complex, sponge-like structure. The text is overlaid on this image in a white, bold, sans-serif font.

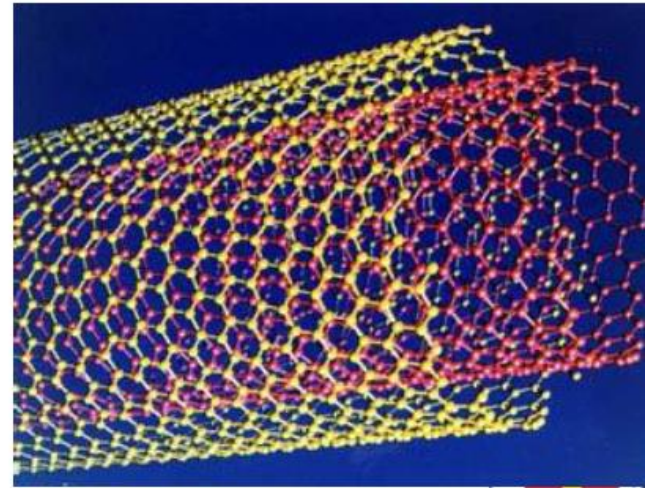
Nanomateriały – wszelkie materiały, w których występują regularne struktury na poziomie molekularnym, tj. nie przekraczającej 100 nm. Granica ta może dotyczyć wielkości domen jako podstawowej jednostki mikrostruktury, czy grubości warstw wytworzonych lub nałożonych na podłożu.


Co to jest nanotechnologia?

Nanotechnologia to projektowanie i wytwarzanie struktur, których przynajmniej jeden rozmiar jest poniżej 100 nm i które posiadają nowe właściwości wynikające z nanorozmiaru.



Nanotechnologia skupia w sobie wiedzę: fizyczną, chemiczną, biologiczną, medyczną oraz inżynierię materiałową.



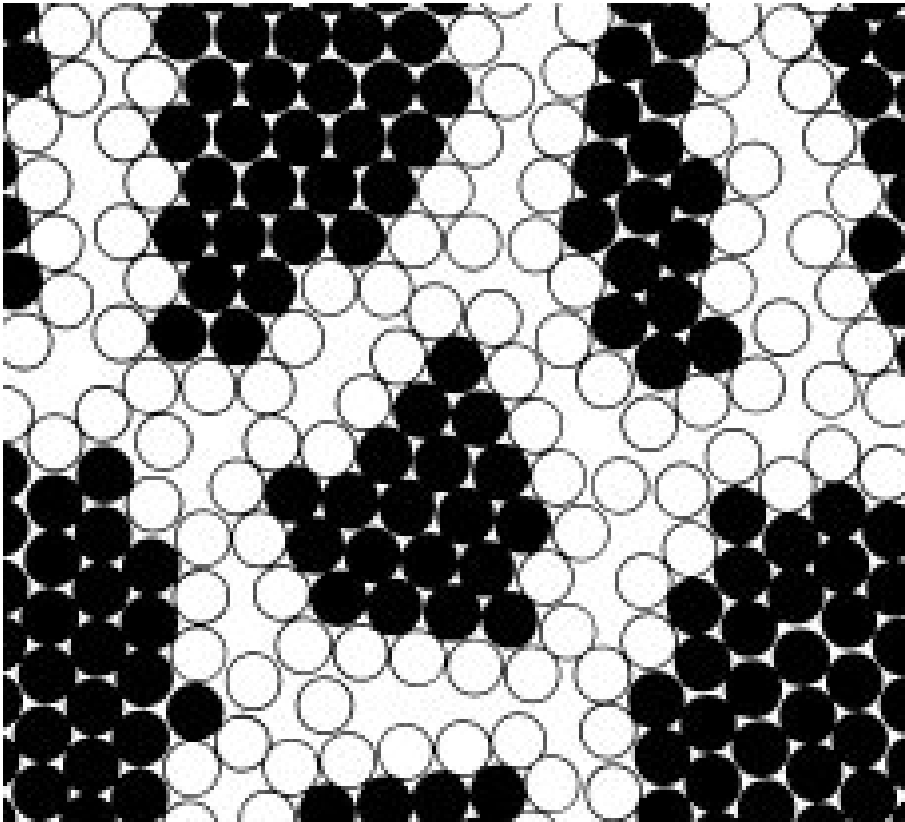
A grayscale scanning electron micrograph (SEM) showing a dense network of carbon nanotubes. The nanotubes are cylindrical and oriented in various directions, creating a complex, interwoven structure. The background is dark, highlighting the lighter, textured surfaces of the nanotubes.

Nanotechnologia – to ogólna nazwa całego zestawu technik i sposobów tworzenia rozmaitych struktur o rozmiarach nanometrycznych (od 0.1 nm do 100nm), czyli na poziomie pojedynczych atomów i cząstek.

Def. w Narodowej Strategii dla Polski 2006

Nanotechnologia to projektowanie i wytwarzanie struktur, w których przynajmniej jeden rozmiar jest poniżej 100nm i które posiadają nowe właściwości wynikające z nanorozmiaru.

Budowa nanomateriałów

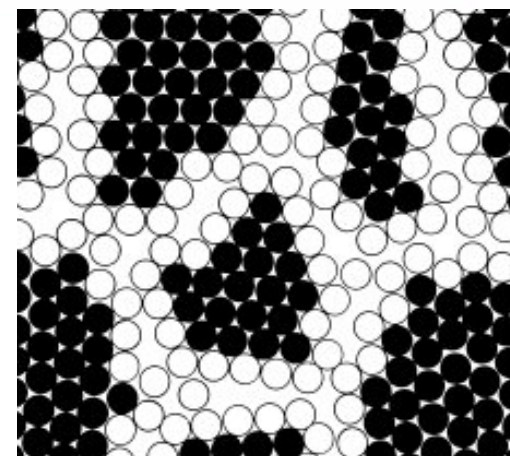
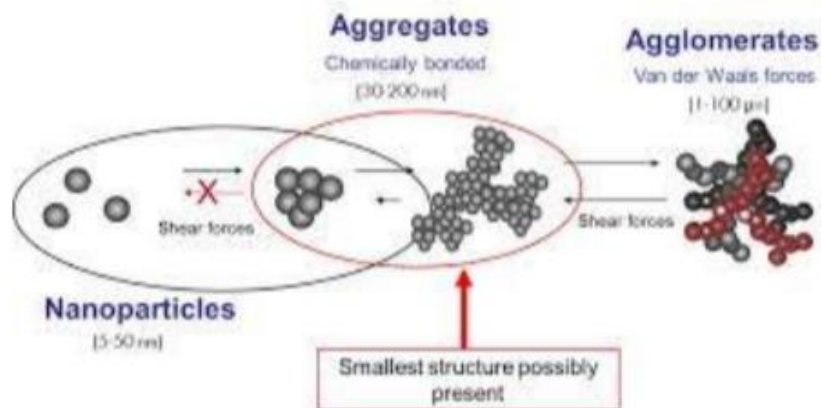


Krystalit jest obszarem koherentnie rozpraszającym promieniowanie rentgenowskie .

NANOCZĄSTKI

Aglomeraty - powstają poprzez skupianie się dużej liczby cząstek na określonej przestrzeni – cząsteczki związane słabymi oddziaływaniami (np. van der Waalsa)

Agregaty - powstają na skutek łączenia się mniejszych cząstek w większą całość – cząsteczki silnie związane



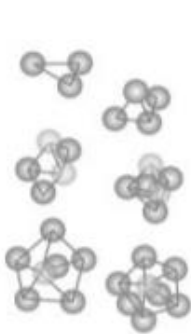
NANOMATERIAŁY

Zerowymiarowe – mają nanometrowe rozmiary w trzech kierunkach (kropki kwantowe)

Jednowymiarowe – posiadają nanometrowe rozmiary w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach (druty, rurki, pręty)

Dwuwymiarowe – mają nanometrowy rozmiar w jednym kierunku (warstwy)

Trójwymiarowe – materiały homo- i heterogeniczne, zbudowane z kryształów o rozmiarach nanometrowych



Clusters
0D



Nanotubes, fibers and rods
1D



Films and coats
2D



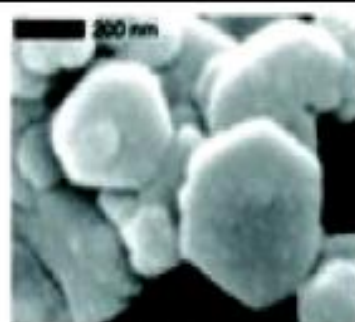
Polycrystals
3D

0-D

Wszystkie wymiary (x, y, z) w skali nano

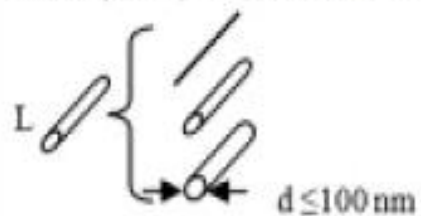


Nanocząstki



1-D

Dwa wymiary (x, y) w skali nano

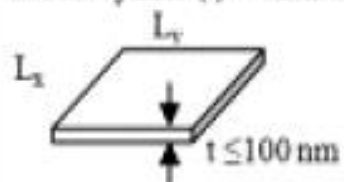


Nanodruty, nanorurki, nanosiatki

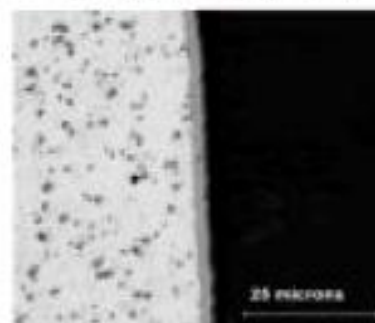


2-D

Jeden wymiar (t) w skali nano

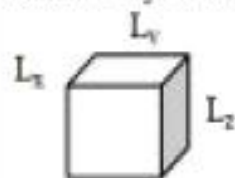


Nanopowłoki, nanofolie



3-D

Żaden z wymiarów w skali nano

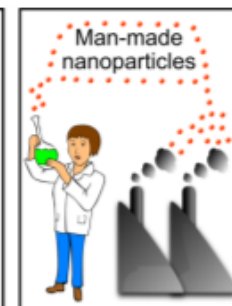
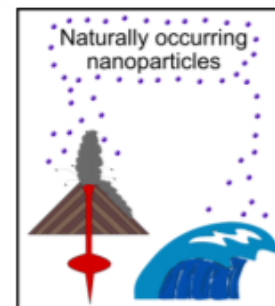


Materiały nanokryształiczne i nanokompozyty



ŹRÓDŁA NANOCZĄSTEK

NANOCZĄSTKI



NATURALNE

ANTROPOGENICZNE

przypadkowe
(niezamierzone
produkty uboczne)

projektowane

**CZĄSTKI ULTRADROBNE
(ULTRAFINE)**

ŹRÓDŁA NANOCZĄSTEK

Naturalnie występujące cząsteczki ultradrobne - „ultrafine”

- ❖ pożary lasów
- ❖ wybuchy wulkanów
- ❖ reakcje fotochemiczne w wysokich warstwach atmosfery
- ❖ materia organiczna i procesy biologiczne



ŹRÓDŁA NANOCZĄSTEK

Niezamierzone produkty działalności człowieka

Aerозole powstające w procesach termicznych:

- ❖ gotowanie, grilowanie
- ❖ spawanie, wytapianie, lutowanie, zgrzewanie, wulkanizacja, cięcie strumieniem plazmy
- ❖ silniki Diesla
- ❖ ciepłownie, elektrownie
- ❖ kopiarki, faksy, drukarki

Emisja podczas niektórych działań mechanicznych:

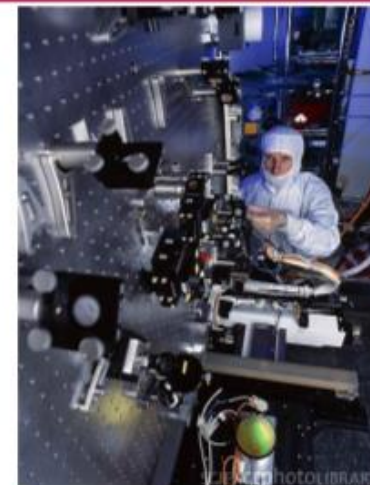
- ❖ szlifowanie
- ❖ cięcie
- ❖ polerowanie



ŹRÓDŁA NANOCZĄSTEK

Nanocząstki projektowane

- ❖ Produkty nanotechnologii celowo opracowane, zaprojektowane i wytworzone przez człowieka z myślą o ich możliwościach aplikacyjnych.
- ❖ Do emisji może dojść podczas produkcji oraz użytkowania materiałów zawierających nanocząstki.



CZĄSTKI ULTRADROBNE I NANOCZĄSTKI

Cząstki ultradrobne

(nanocząstki naturalne oraz powstałe przypadkowo w wyniku działalności człowieka)

- ❖ Są mocno zróżnicowane
- ❖ Mają różnorodne kształty i rozmiary
- ❖ Posiadają niejednorodny skład chemiczny
- ❖ Występują powszechnie w środowisku człowieka

Nanocząstki projektowane

(wytworzone celowo)

- ❖ Posiadają precyzyjnie kontrolowany kształt i skład chemiczny.
- ❖ Mogą zawierać "warstwy" o różnym składzie

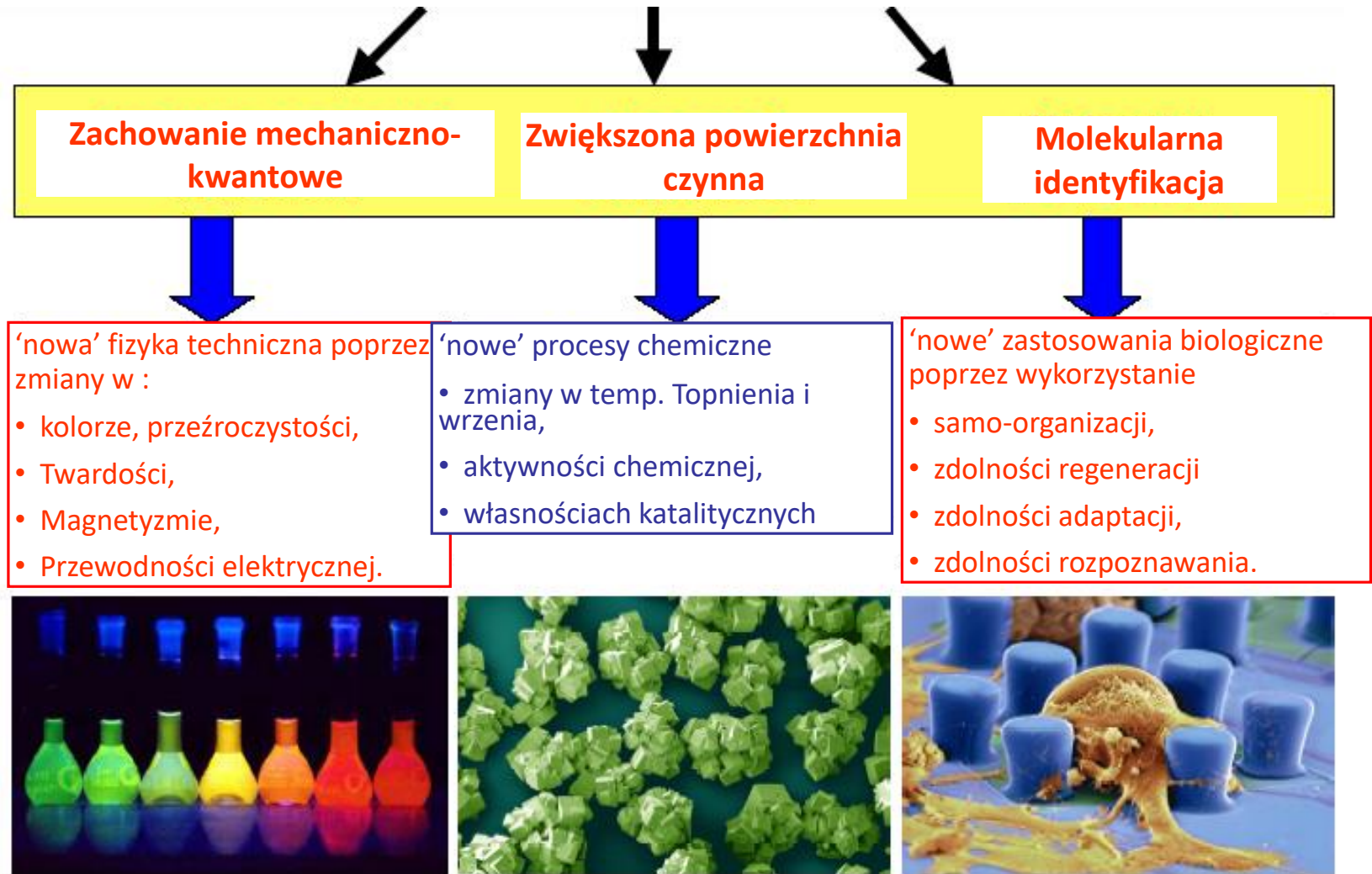
Techniczny i naukowy aspekt nanotechnologii

Pęd do innowacyjności przychodzi z ‘nano-kosmosu’:

- Co to jest nanotechnologia
- Podstawowe struktury, zjawiska i zasady,
- Narzędzia do ‘nano-analizy’ oraz procesy wytwarzania ‘nanomateriałów’



Trzy główne zmiany wynikające z zastosowania nano-świata

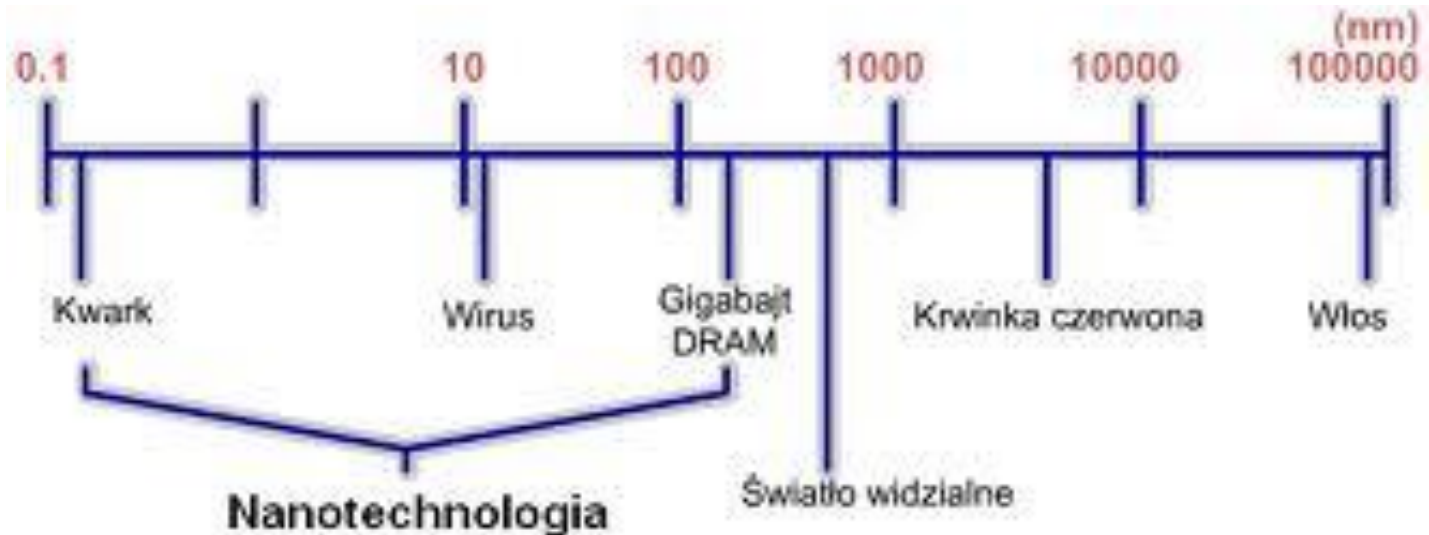


Zjawiska i procesy w nanoskali

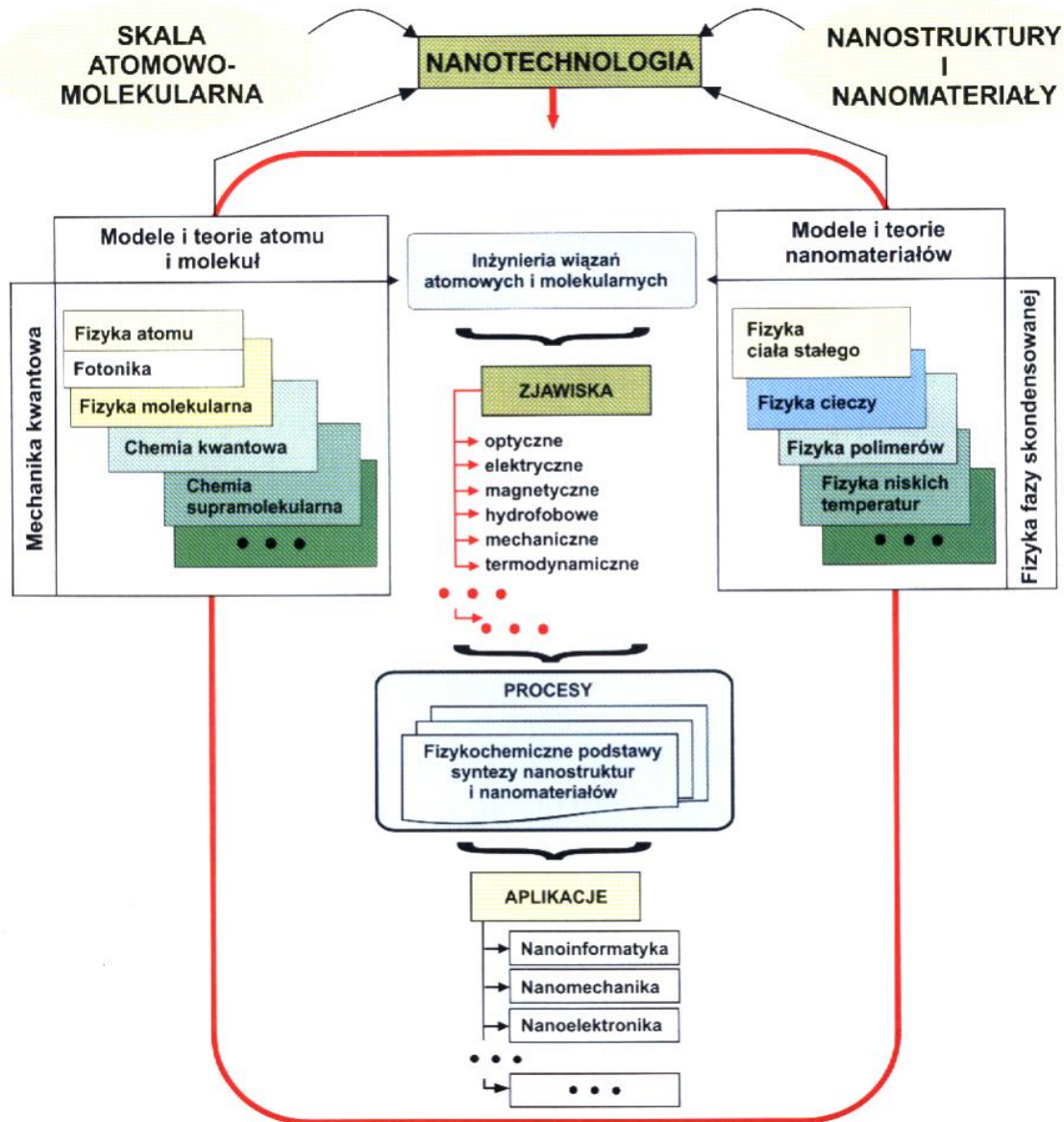
Kształtowanie – w skali nano- zjawisk fizycznych i chemicznych w celu budowy nanomateriałów i nanostruktur o założonych właściwościach.

Zjawiska i procesy w nanoskali

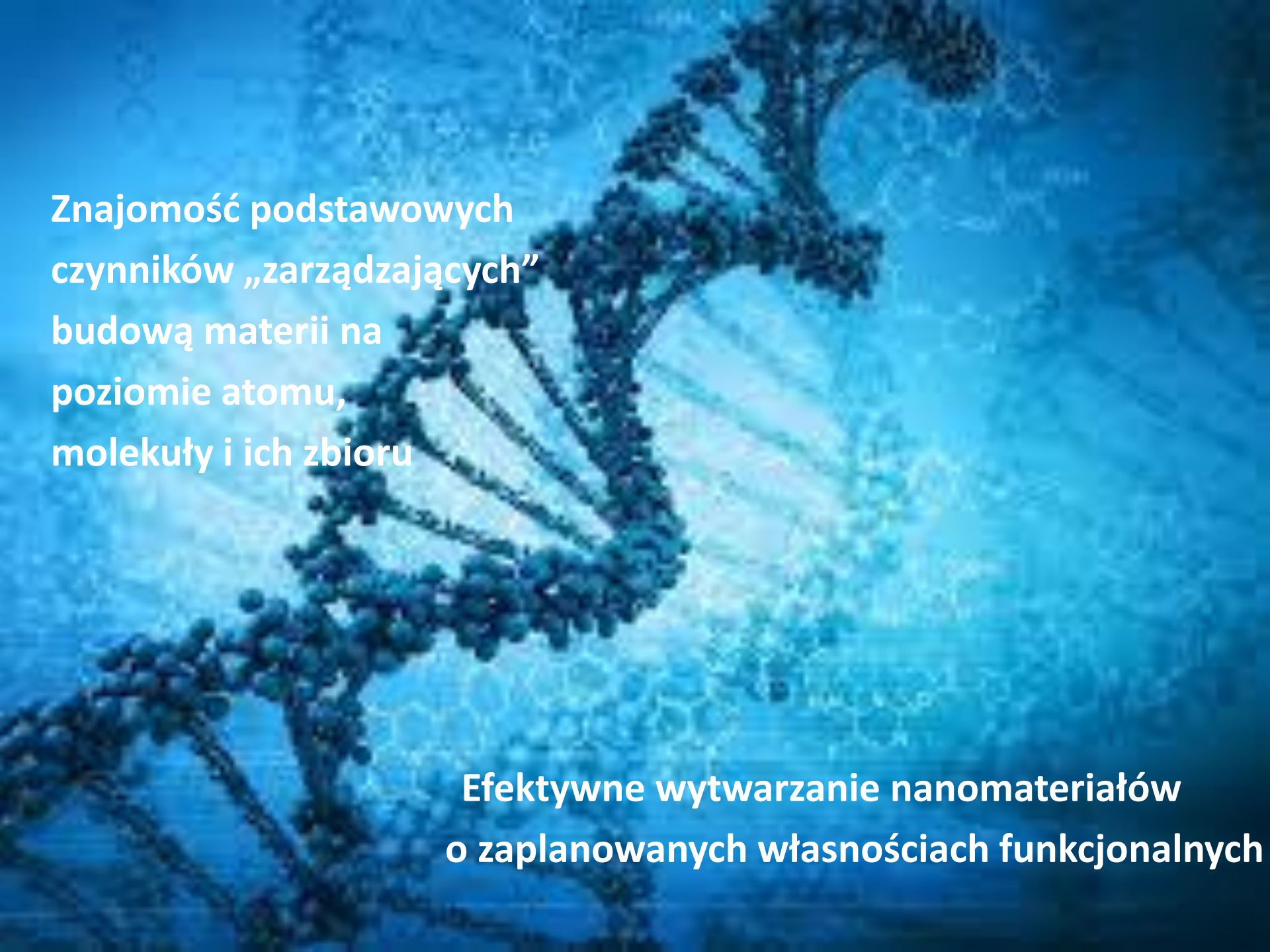
- Teorie, prawa i modele,
- Zjawiska na poziomie nano,
- Procesy nanotechnologiczne.



rys. porównanie wielkości fizycznych



Procesy transformacji wiedzy w nanotechnologii: od atomu do nanomateriału i jego aplikacji



Znajomość podstawowych
czynników „zarządzających”
budową materii na
poziomie atomu,
molekuły i ich zbioru

**Efektywne wytwarzanie nanomateriałów
o zaplanowanych własnościach funkcjonalnych**

Inżynieria wiązań atomowych i molekularnych

- oddziaływania występujące w atomie,
- wiązania chemiczne pomiędzy atomami i molekułami,



Zjawiska w nanoskali

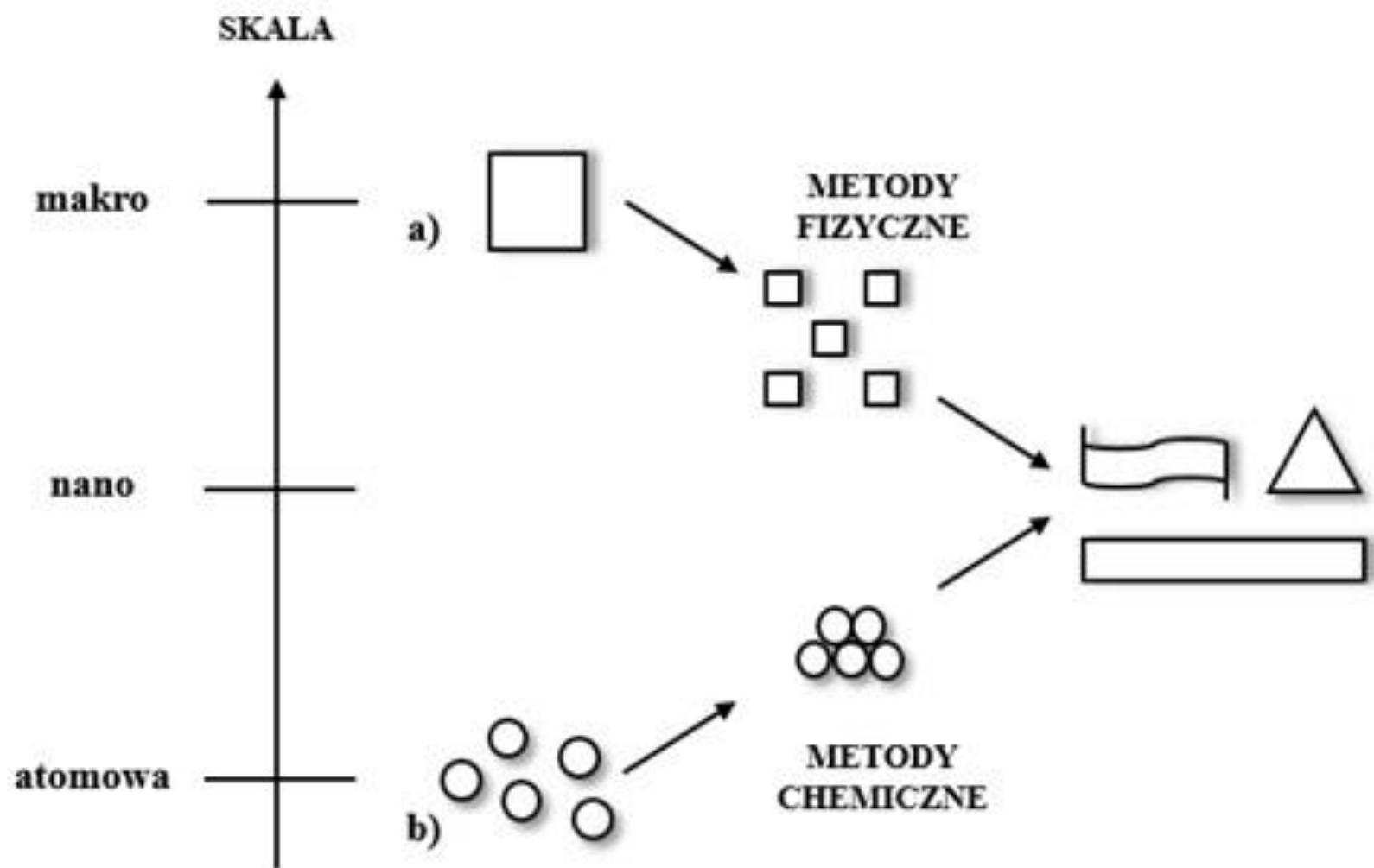
Wiązania chemiczne oraz oddziaływania międzyatomowe i międzycząsteczkowe determinują budowę nanostruktur i nanomateriałów.

Metody wytwarzania nanostruktur



▶ metody bottom up

▶ metody top – down



Metody „top-down”, opierają się na podziale materiału makroskopowego na mniejsze części wykorzystując do tego celu procesy fizyczne.

Polegają na rozdrobnieniu wyjściowego materiału w kontrolowany sposób tak, aby jego końcowy rozmiar zawierał się w przedziale 1-100 nm.

Do metod tych zalicza się następujące techniki:

- wysokoenergetyczne mielenie,
- procesy litograficzne,
- konwencjonalna obróbka materiałów.

W metodach „bottom-up”, struktury nanometryczne otrzymuje się z pojedynczych atomów lub cząsteczek bazując najczęściej na procesach chemicznych.

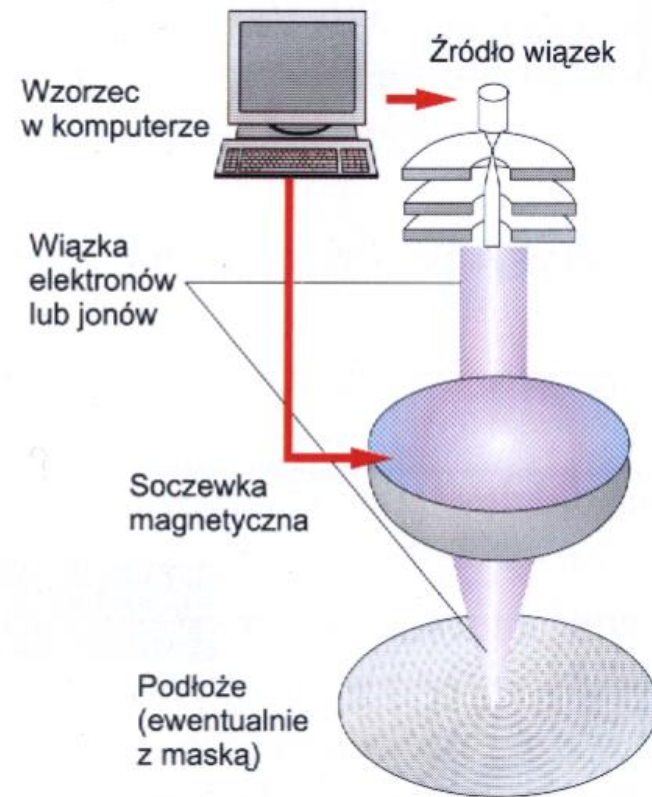
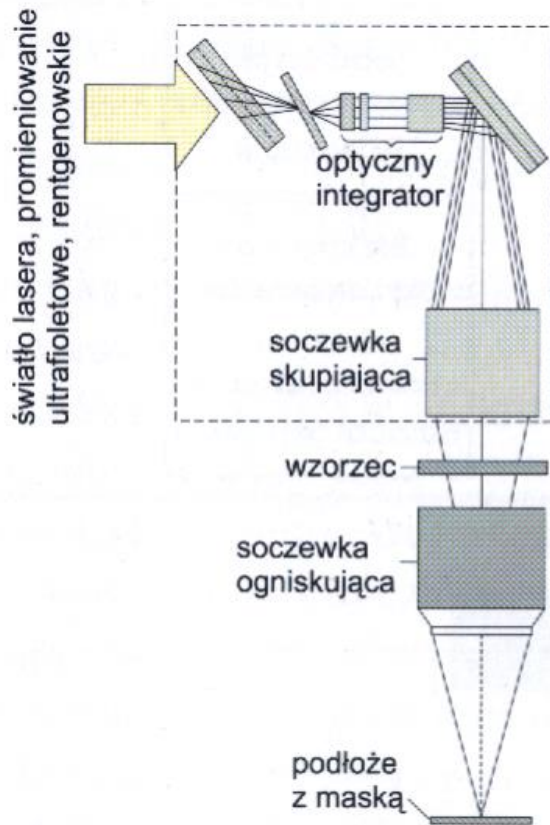
Metody te polegają na tzw. budowie od podstaw, czyli atom po atomie.

Do tworzenia nanostruktur metodami „bottom-up” wykorzystuje się m.in.:

- osadzanie z fazy gazowej,
- osadzanie wspomagane plazmą,
- epitaksję z wiązki molekularnej,
- metody wykorzystujące fazę ciekłą,
- metody koloidalne,
- metody zol-żel,
- osadzanie elektrolityczne.

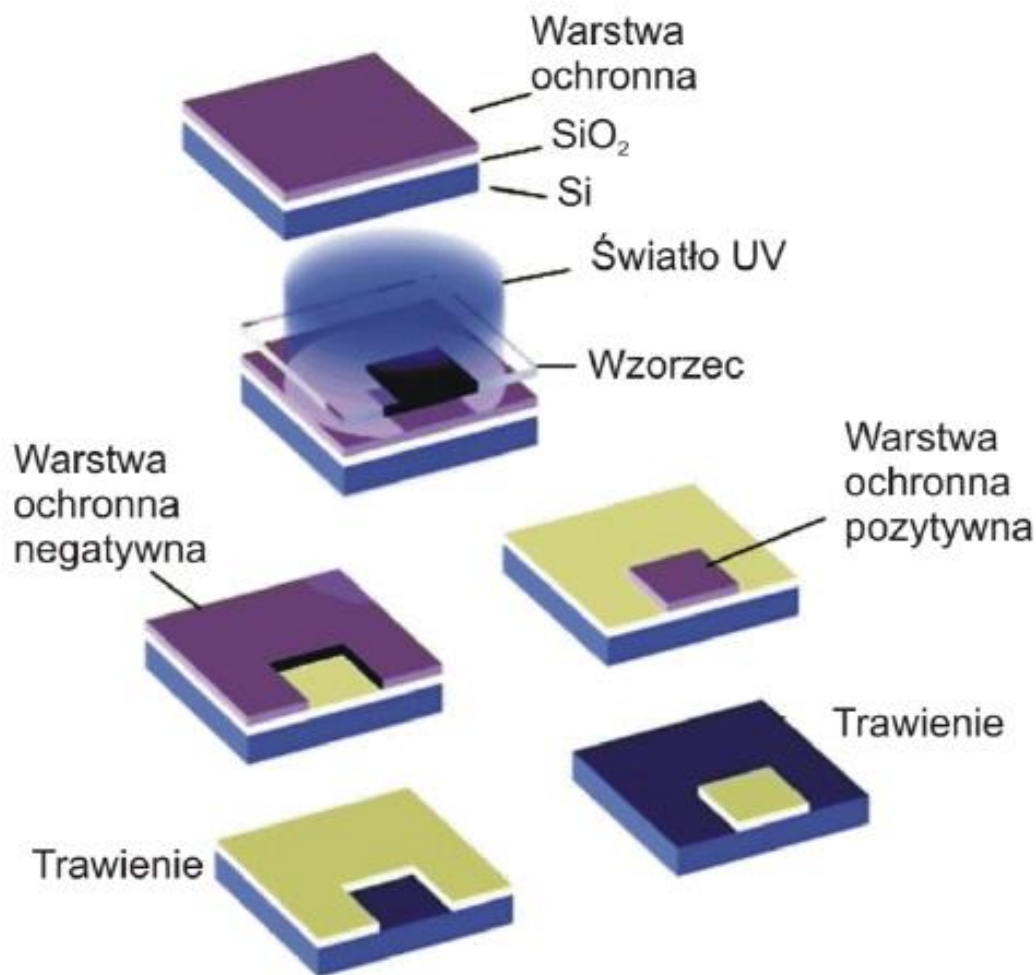
Procesy litografii – w nanotechnologii polega na transformacji wzorca zaprojektowanego w skali mezoskopowej do struktury o wymiarach nanometrów.

Podstawowymi komponentami procesów litografii są: wzorec, promieniowanie ultrafioletowe lub rentgenowskie, wiązki elektronów lub jonów, maska oraz podłoże.



Procesy litograficzne: (a) optyczne – fotolitografia, rentgenolitografia, (b) wiązkowe – elektronolitografia, jonolitografia

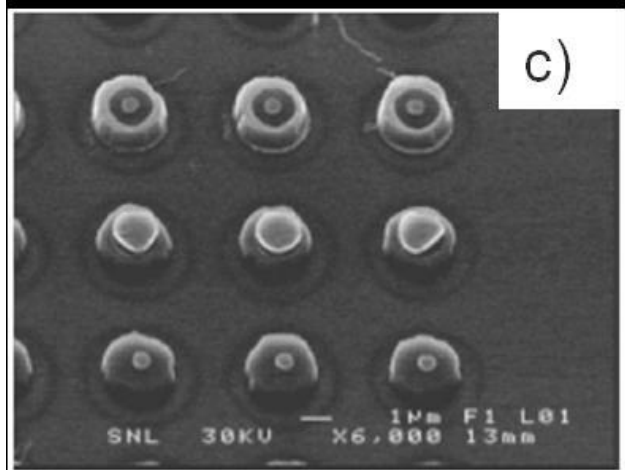
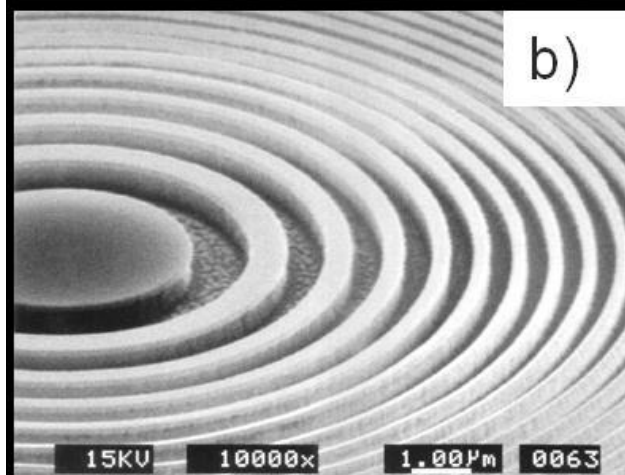
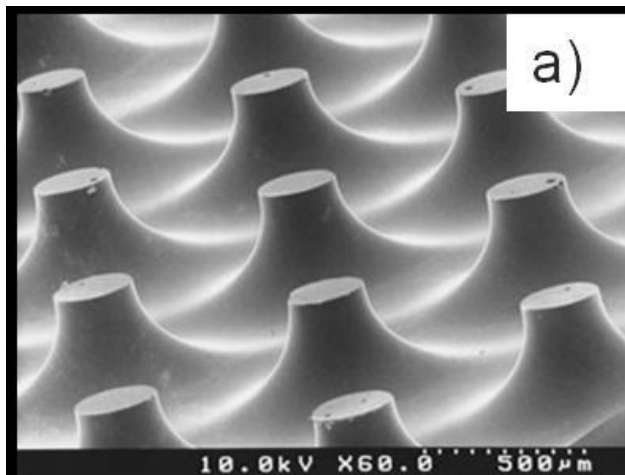
Litografia optyczna - otrzymywanie struktur 2D/0D



Schemat otrzymywania warstw i kształtów złożonych techniką fotolitograficzną

- litografia wiązką elektronów,
- litografia wiązką molekularną.

Do głównych zalet nowych metod należy wyższa rozdzielczość, (sięga ona 0,1 μm w przypadku litografii wiązką elektronów i 0,05 μm dla wiązki molekularnej).



Przykłady materiałów otrzymanych metodami litograficznymi:

a) fotolitografia - kolumny wytrawione w monokryształe krzemu,

b) litografia wiązką elektronów - Soczewki dla promieni

rentgenowskich wytrawione w krzemie,

c) klastery platyny umieszczone na nanodyskach CeO₂

Procesy epitaksji – polegają na wytwarzaniu nanometrycznych warstw monokryształu na monokrystalicznym podłożu, przy czym orientacja krystalograficzna warstwy zostaje wymuszona przez orientację kryształów podłoża.

Metody otrzymywania warstw epitaksjalnych:

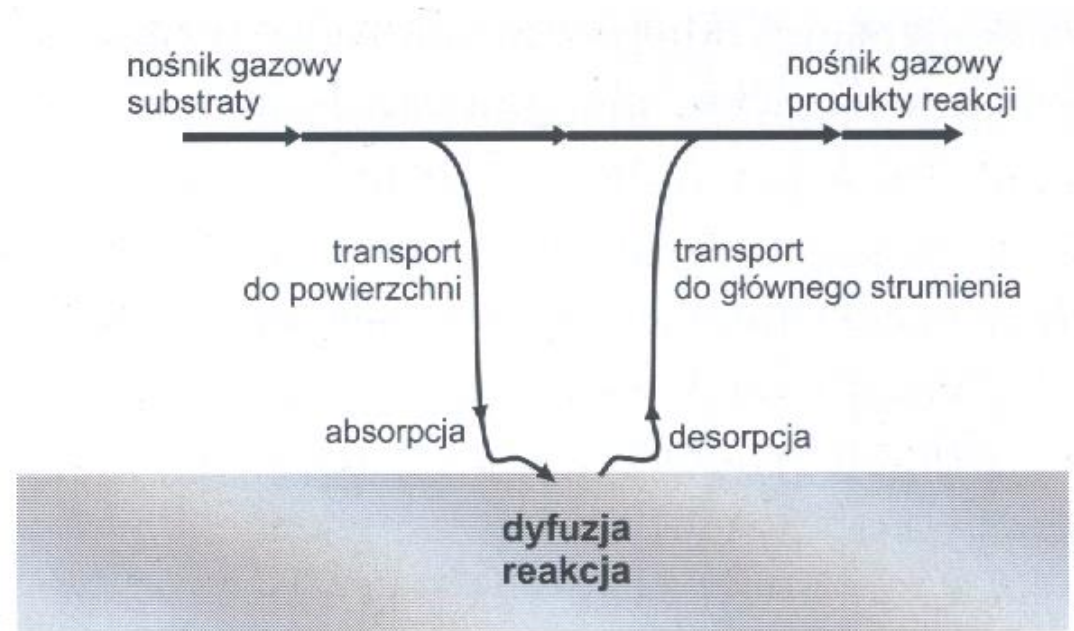
LPE - Liquid Phase Epitaxy,

VPE - Vapour Phase Epitaxy,

HVPE – Hydride Vapour Phase Epitaxy,

CVD – Chemical Vapor Deposition,

MOCVD – Metal Organic Chemical Vapour Deposition



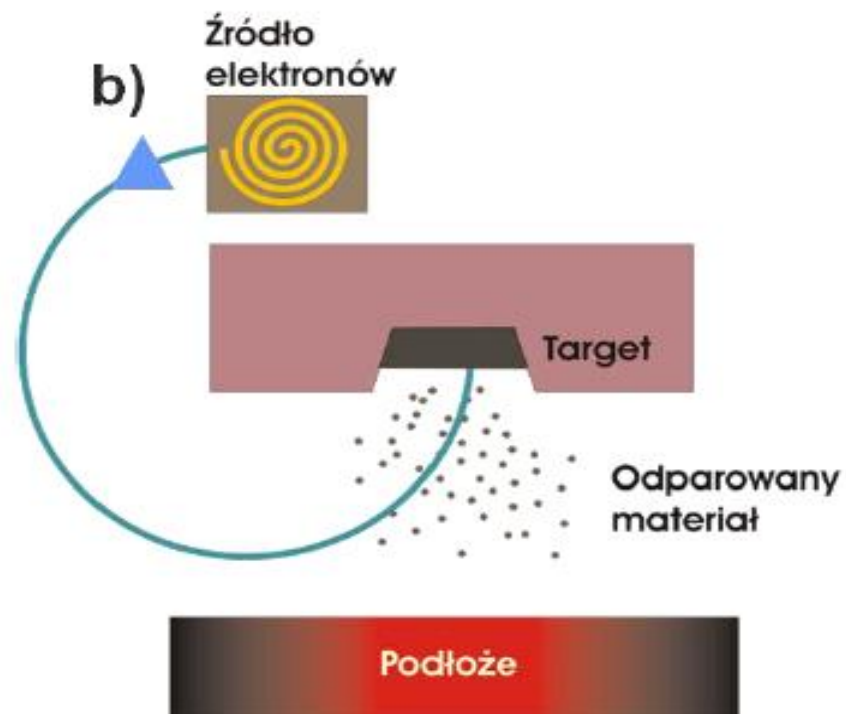
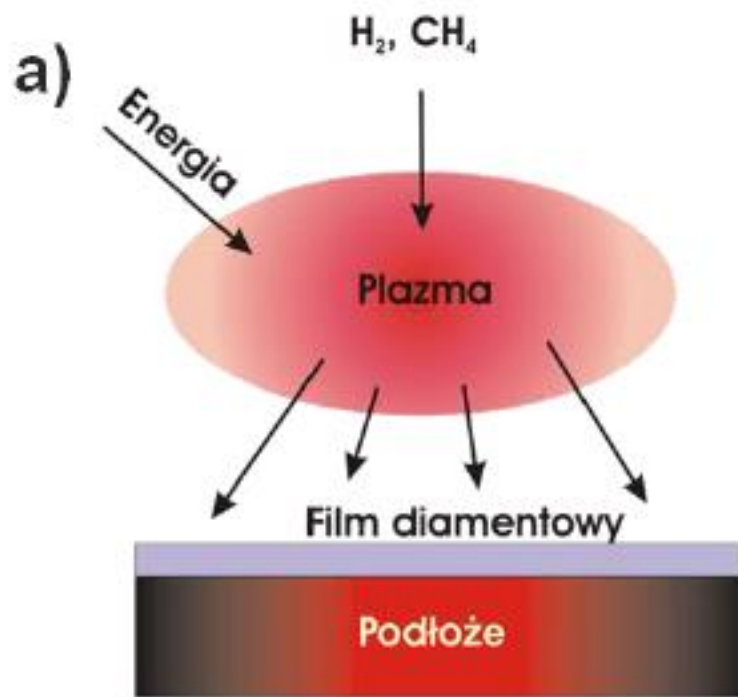
Schemat przebiegu procesu epitaksji gazowej VPE

Otrzymywanie struktur 2D – techniki CVD i PVD

Techniki fizycznego osadzania z fazy gazowej – PVD (*Physical Vapour Deposition*)

Techniki chemicznego osadzania z fazy gazowej – CVD
(*Chemical Vapour Deposition*)

Otrzymywanie cienkich, kilkuatomowych lub grubszych warstw

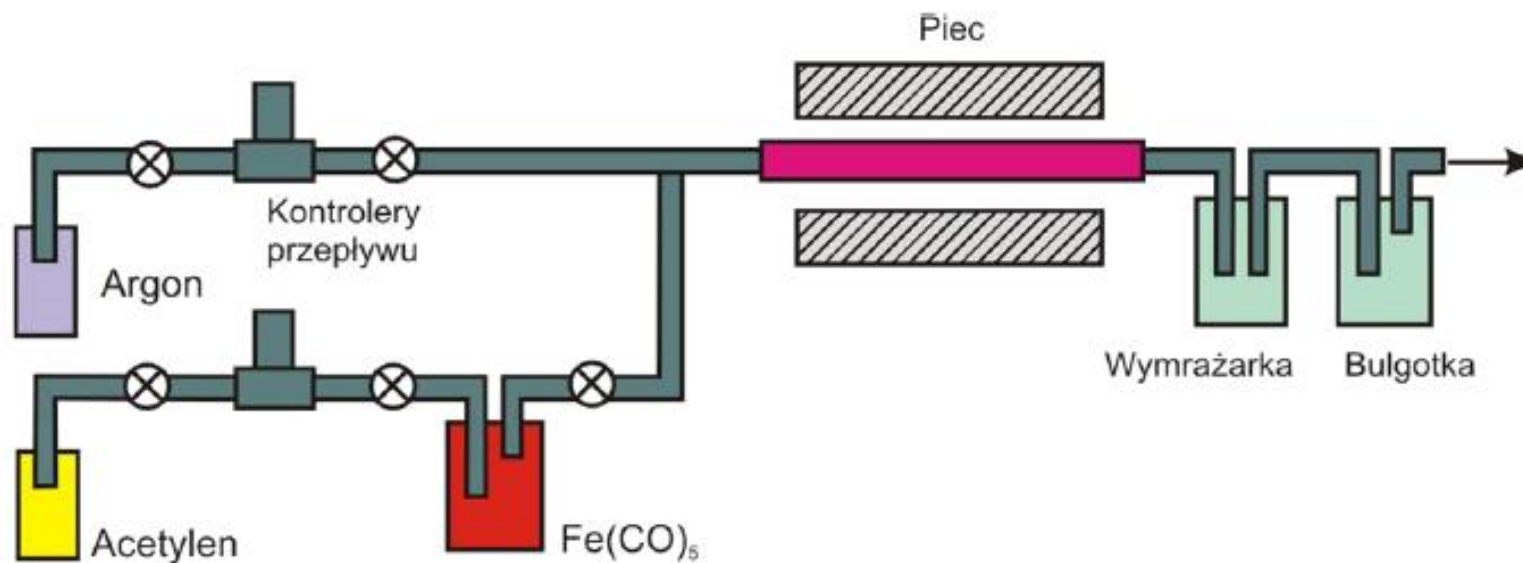


Schemat osadzania

nanowarstw technikami

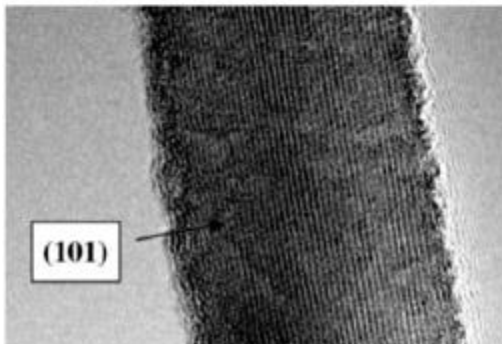
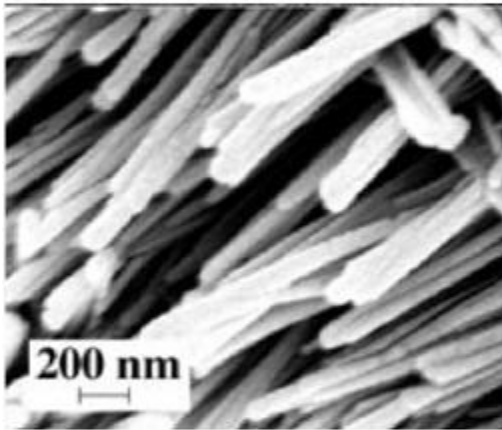
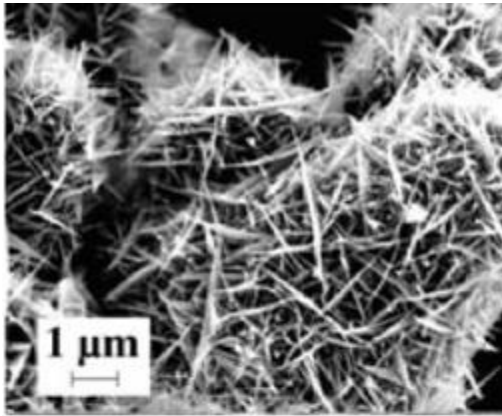
a) Chemical Vapour Deposition (CVD) oraz b) Physical Vapour Deposition (PVD).

Otrzymywanie struktur 1D – metoda pirolityczna

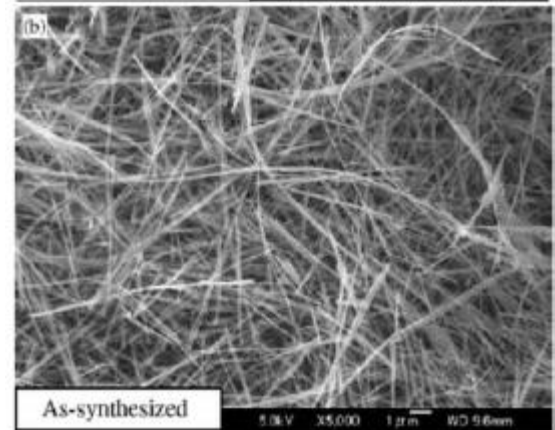
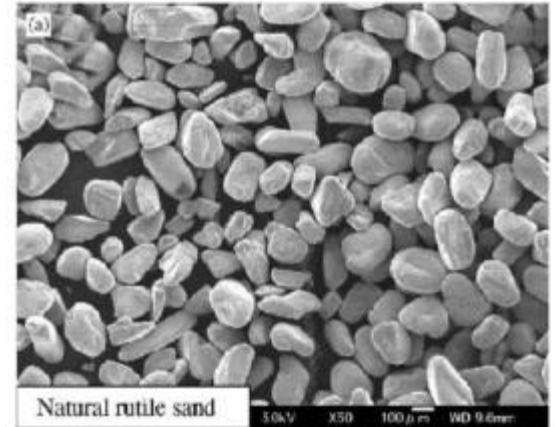


Schemat aparatury do pirolitycznego otrzymywania nanorurek węglowych z mieszaniny Fe(CO)₅ i acetyleny

Otrzymywanie struktur 1D – metoda hydrotermalna



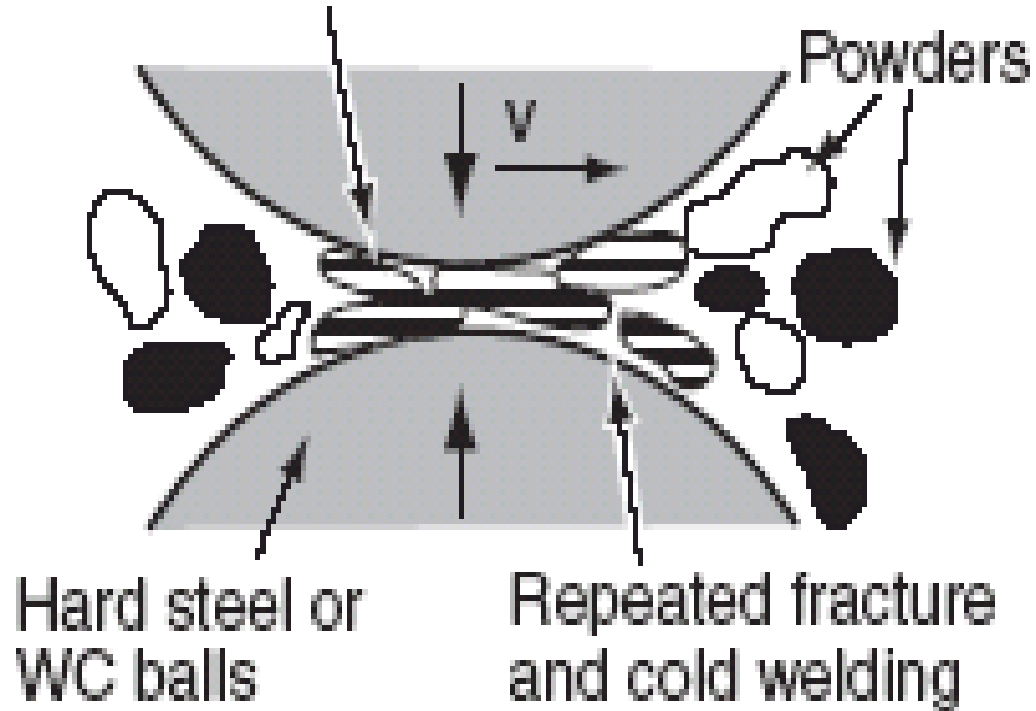
Zdjęcia mikroskopowe nanowłókien TiO_2 uzyskanych hydrolizy TiCl_4 w warunkach hydrotermalnych :



Zdjęcia mikroskopowe a) grubokrystalicznego rutylu (TiO_2) oraz b) nanowłókien uzyskanych z niego metodą hydrotermalną

Proces mielenia

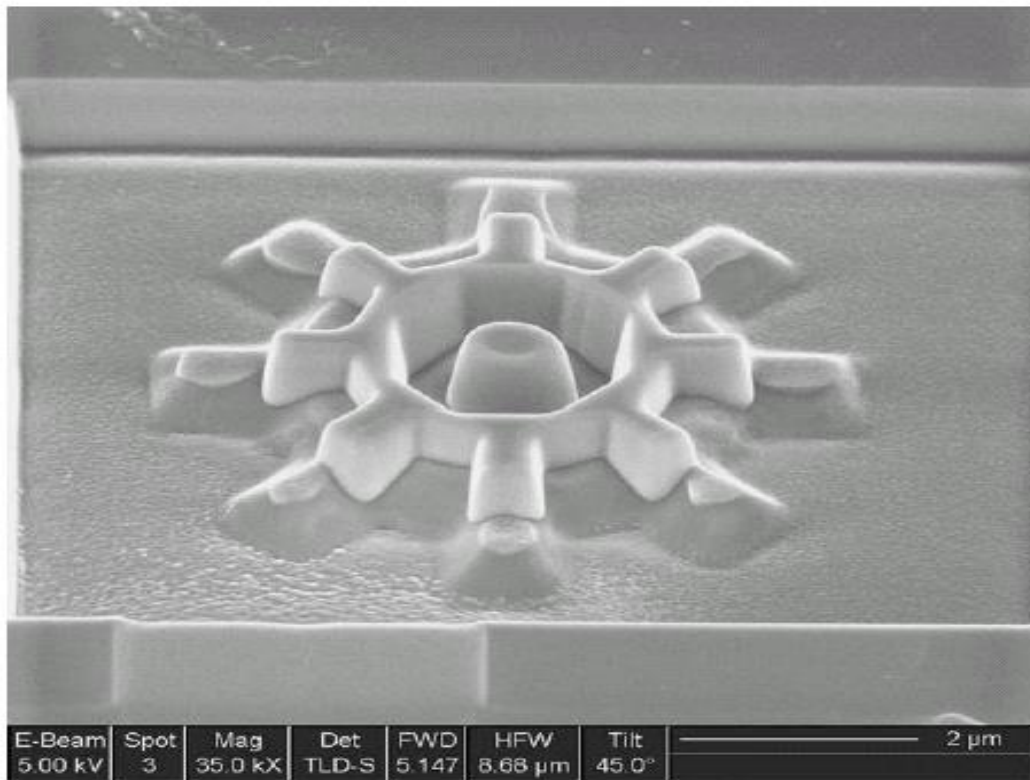
Development of laminar structure
and grain size refinement



Rys. Schematyczne przedstawienie procesu
wysokoenergetycznego mielenia

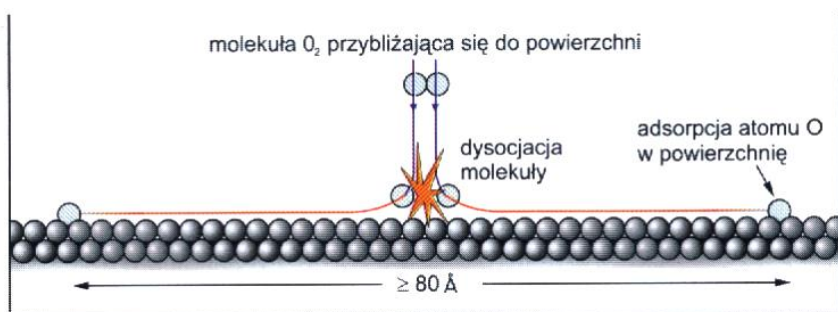
Metody top-down – Obróbka

wytwarzanie bardziej skomplikowanych, trójwymiarowych obiektów jest możliwe dzięki technikom podobnych do technik stosowanych w konwencjonalnej obróbce materiałów.

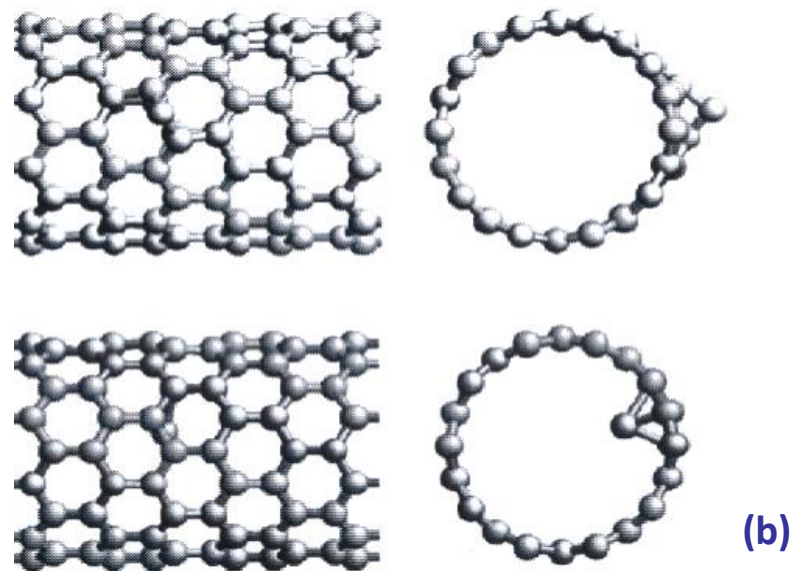
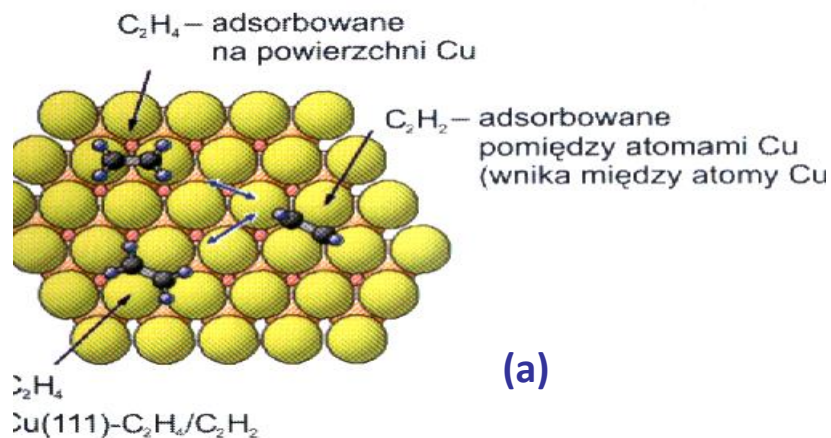


Obraz wielopoziomowej przekładni stworzonej przez rozpylanie krzemu wiązką jonów

Procesy adsorpcji – polegają na osadzeniu na powierzchni materiału (adsorbant) atomów lub molekuł (adsorbentów), w wyniku czego powstają nanostruktury.

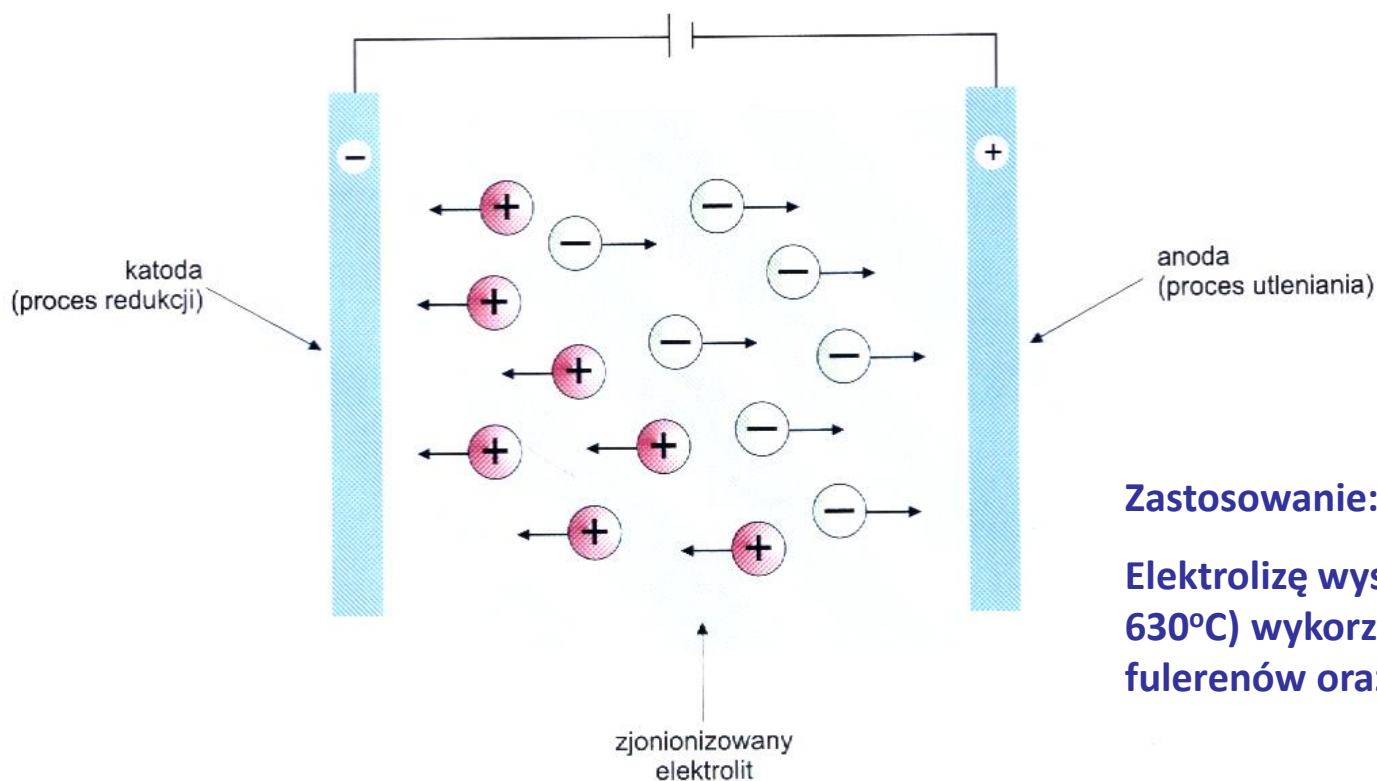


Mechanizm procesu adsorpcji



Przykład adsorpcji: (a) C_2H_2 na powierzchni Cu, (b) atomów węgla z fazy gazowej do nanorurek węglowych zygzakowatych (chiralnych)

Procesy elektrolizy – są wykorzystywane w nanotechnologii do wytworzenia nanometrowych warstw lub jako procesy przygotowawcze dla innych procesów syntezy, w których wytwarzane są nanomateriały.

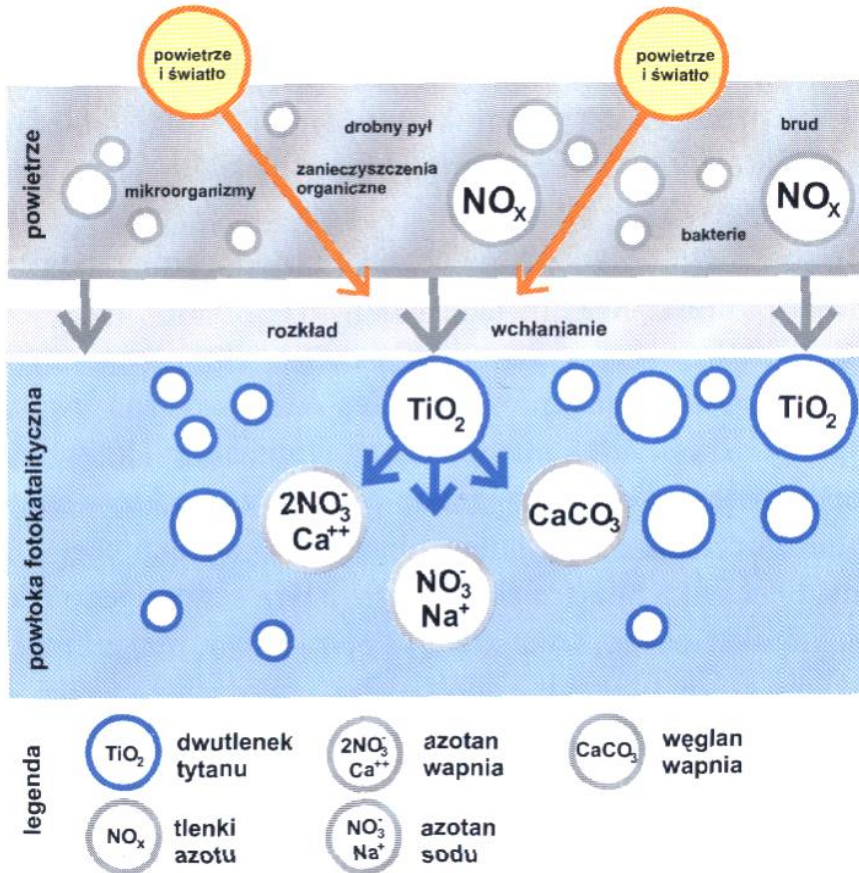


Zastosowanie:

Elektrolizę wysokotemperaturową (ok. 630°C) wykorzystuje się do produkcji fulerenów oraz nanorurek węglowych

Schemat ideowy procesu elektrolizy

Procesy katalizy – umożliwiają obniżenie energii aktywacji, będącej różnicą pomiędzy energią kompleksu aktywnego i energią reagujących ze sobą substratów, która decyduje o przebiegu reakcji chemicznych.

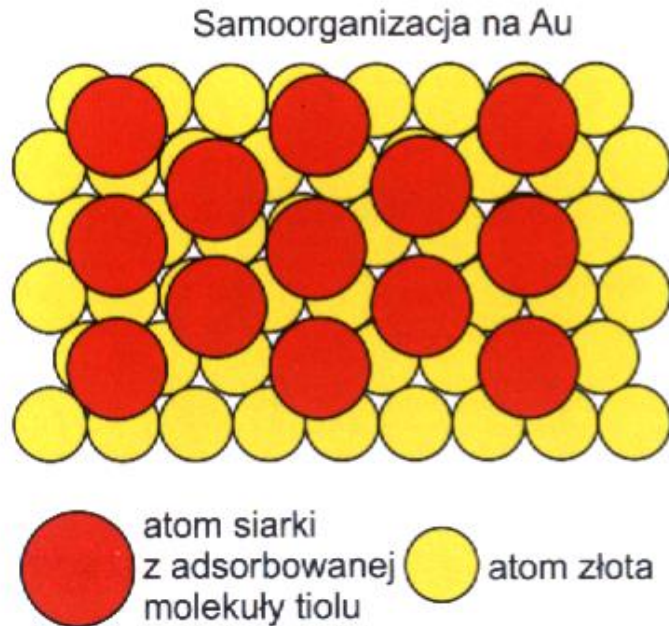


Schemat wykorzystania reakcji fotokatalitycznych do samoczyszczania powierzchni

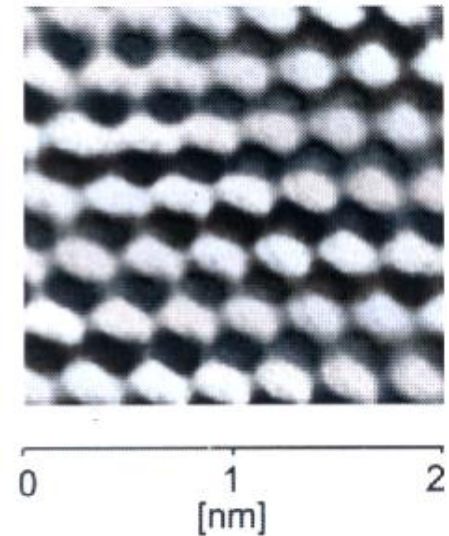
Procesy samoorganizacji – (*self-assembly processes*) zachodzą w układach złożonych

i polegają na spontanicznym globalnym porządkowaniu się układu w wyniku lokalnych oddziaływań pomiędzy jego elementami, co prowadzi do powstania jakościowo nowych właściwości lub zjawisk, których nie wykazują elementy składowe układu.

a)



b)



Samoorganizująca się warstwa: (a) schemat przebiegu procesu, (b) atomy siarki osadzone na powierzchni złota.