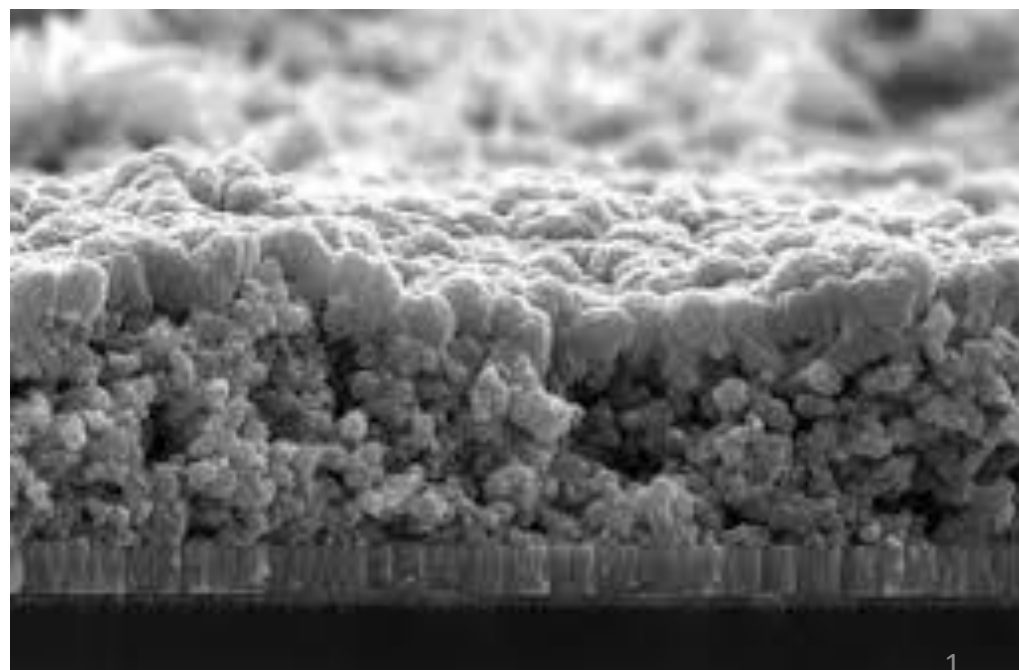
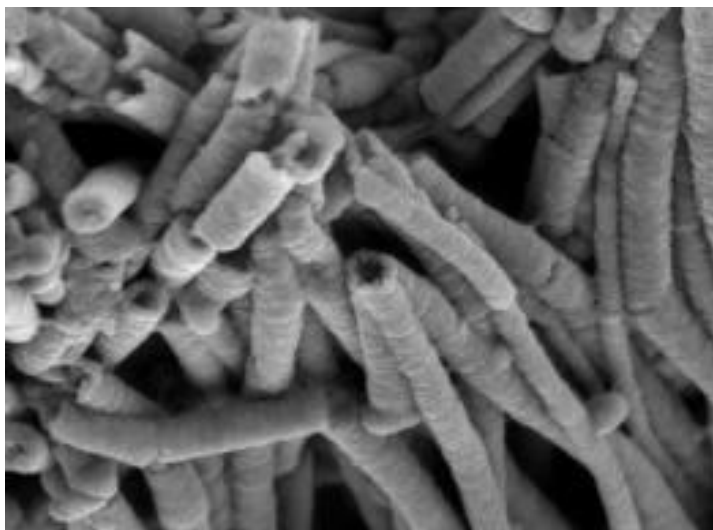


Nanomateriały



[dr hab. inż. Joanna Matecka, prof. PO](#)

[pokój: B-216](#)

Rozwój materiałów na przestrzeni dziejów

Neandertalczyk



Juliusz Cezar



Henryk VIII, król Anglii



Królowa Wiktoria



Franklin Roosevelt



John F. Kennedy

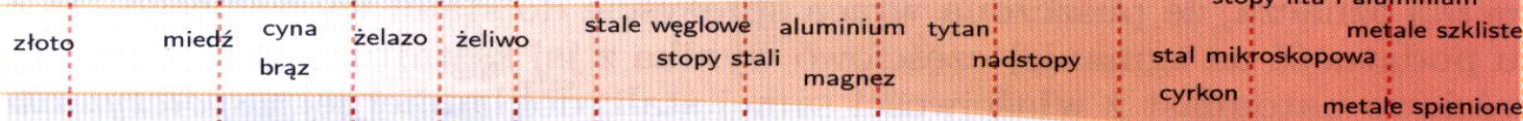


George W. Bush

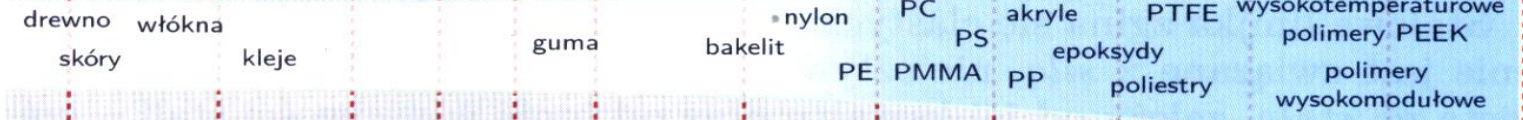


10000 p.n.e. 5000 p.n.e. 0 1000 1500 1800 1900 1940 1960 1980 1990 2000 2010

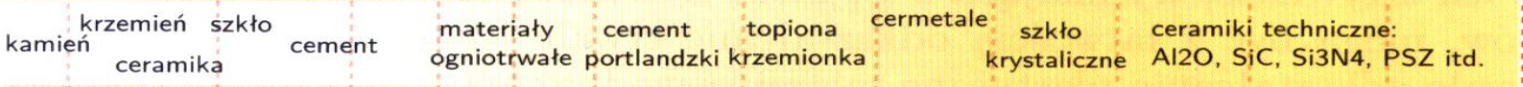
metale



polimery i elastomery



ceramika i szkła



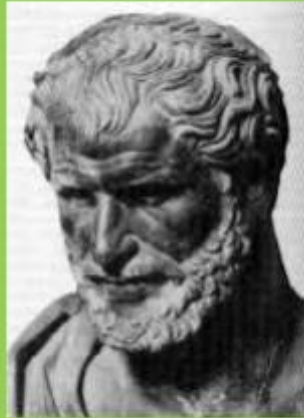
hybrydy



10000 p.n.e. 5000 p.n.e. 0 1000 1500 1800 1900 1940 1960 1980 1990 2000 2010

data

Z czego zbudowana jest materia???

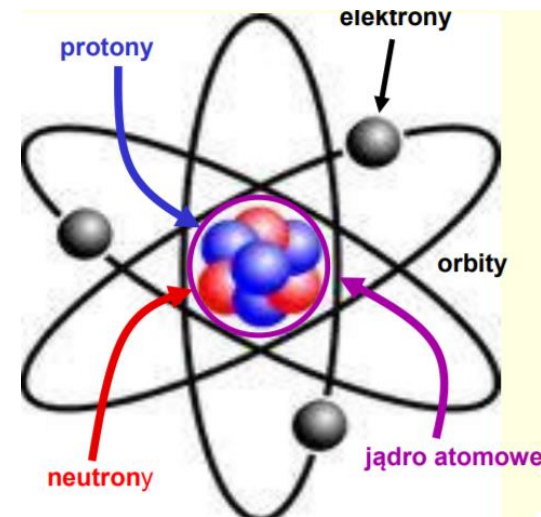
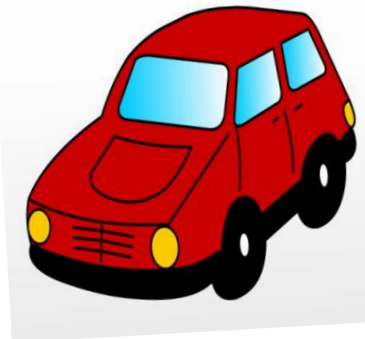


Demokryt z Abdery (ur. ok. 460 p.n.e., zm. ok. 370 p.n.e.) – grecki filozof, naukowiec, znany jako "śmiejący się filozof".

Ponad 2400 lat temu zadał pytanie:

Czy materię można dzielić na mniejsze i coraz mniejsze kawałki w nieskończoność?

- materii nie można dzielić w nieskończoność,
- w wyniku dzielenia powstanie tak drobna cząstka, której już dalej nie da się podzielić. Nazwał ją "**Atomo**" co znaczy "niepodzielna, niedająca się ciąć"



Stosunek średnicy atomu magnezu do średnicy piłeczki tenisowej jest równy stosunkowi średnicy piłeczki tenisowej do średnicy Ziemi.

Pomyślmy o tym, gdy będziemy połykać kolejną tabletkę magnezu!



"Kosmos składa się z nieskończonej przestrzeni i nieskończonej liczby nierozkładalnych cząstek, atomów, których różnorodność form też jest nieskończona. ... Atomy różnią się tylko kształtem, wielkością i ciężarem, są nieprzenikalnie twarde, niezmiennie, są granicą fizycznej podzielności ..."

Lukrecjusz

Johannes Kepler (1611 r.):
*„Płatki śniegu swoją regularną formę
mogą zawdzięczać jedynie prostym,
jednolitym cegiełkom”*



Materia zapewnia sobie jak największą wygodę,
a najwygodniejsza jest struktura uporządkowana.



NANOTECHNOLOGIA W NATURZE

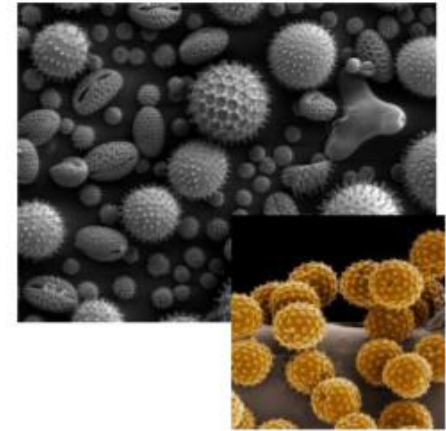
GEKON



LIŚĆ LOTOSU



PYŁKI



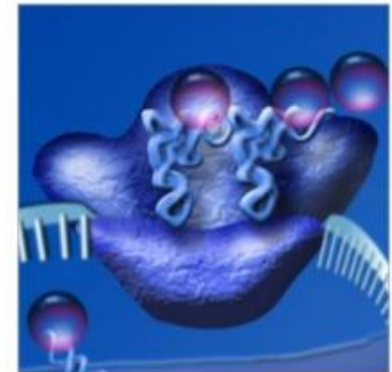
MAŁŻE



DNA I RNA

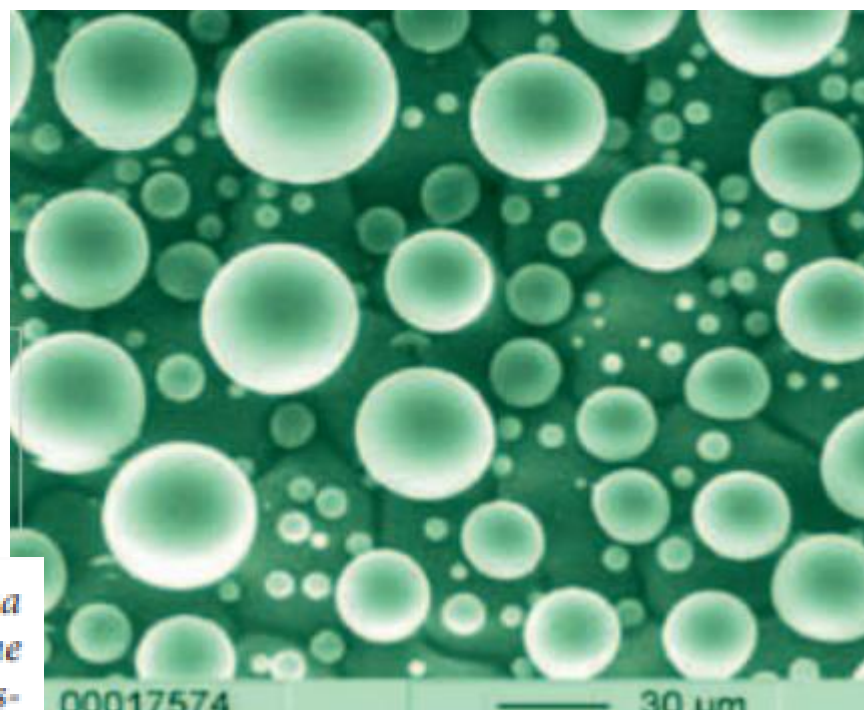


RYBOSOMY





*Kwiat lotosu oczyszcza liście,
wykorzystując tak zwany efekt
lotosu.*



*Kropelki wody na
liściu nasturcji widziane
pod specjalnym mikros-
kopem elektronowym
(ESEM) na Uniwersytecie
w Bazylei.*



Tajemnice przyczepności chrząszczy, much, pajaków i gekonów zostały odsłonięte w Instytucie Metalurgii Maxa Plancka w Stuttgarcie. Przytwierdzają się one do podłoża za pomocą włosków, które tworzą wiązanie van der Wasala z powierzchnią kontaktu. Im cięższe zwierzę, tym mniejsze i liczniejsze musza być włoski.





Instytut Fraunhofera IFAM w Bremie prowadzi badania nad zmodyfikowanymi klejami z małży, dzięki którym nawet najdelikatniejsza porcelana nadawałaby się do mycia w zmywarce. Zespół roboczy „Nowe tworzywa użytkowe i biomateriały” w Rostocku i w Greifswaldzie także prowadzi badania nad małżami.

**Zejście poniżej skali mikroskopowej aż do
NANOSKALI powoduje modyfikację
właściwości fizycznych!**

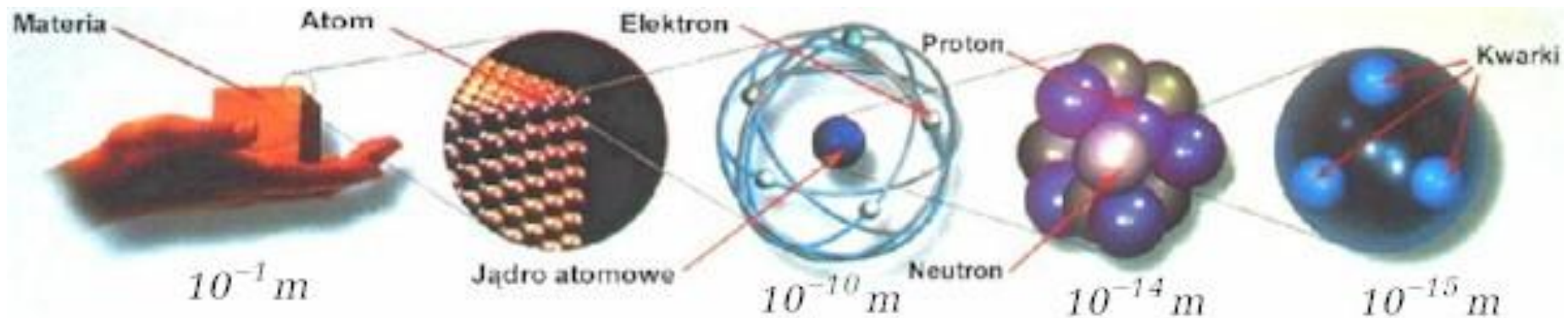
- **nierozpuszczalne złoto staje się
rozpuszczalne**
- **aluminium, czyli metal stabilny, staje się
łatwopalny**
- **miedź staje się przezroczysta.**

Dlaczego tak się dzieje?

Zejście poniżej 100 nanometrów oznacza wkroczenie w **rzeczywistość kwantową**.

NANOJONIKA

Materia = wiele cząstek elementarnych



- 6 kwarków
- 6 leptonów

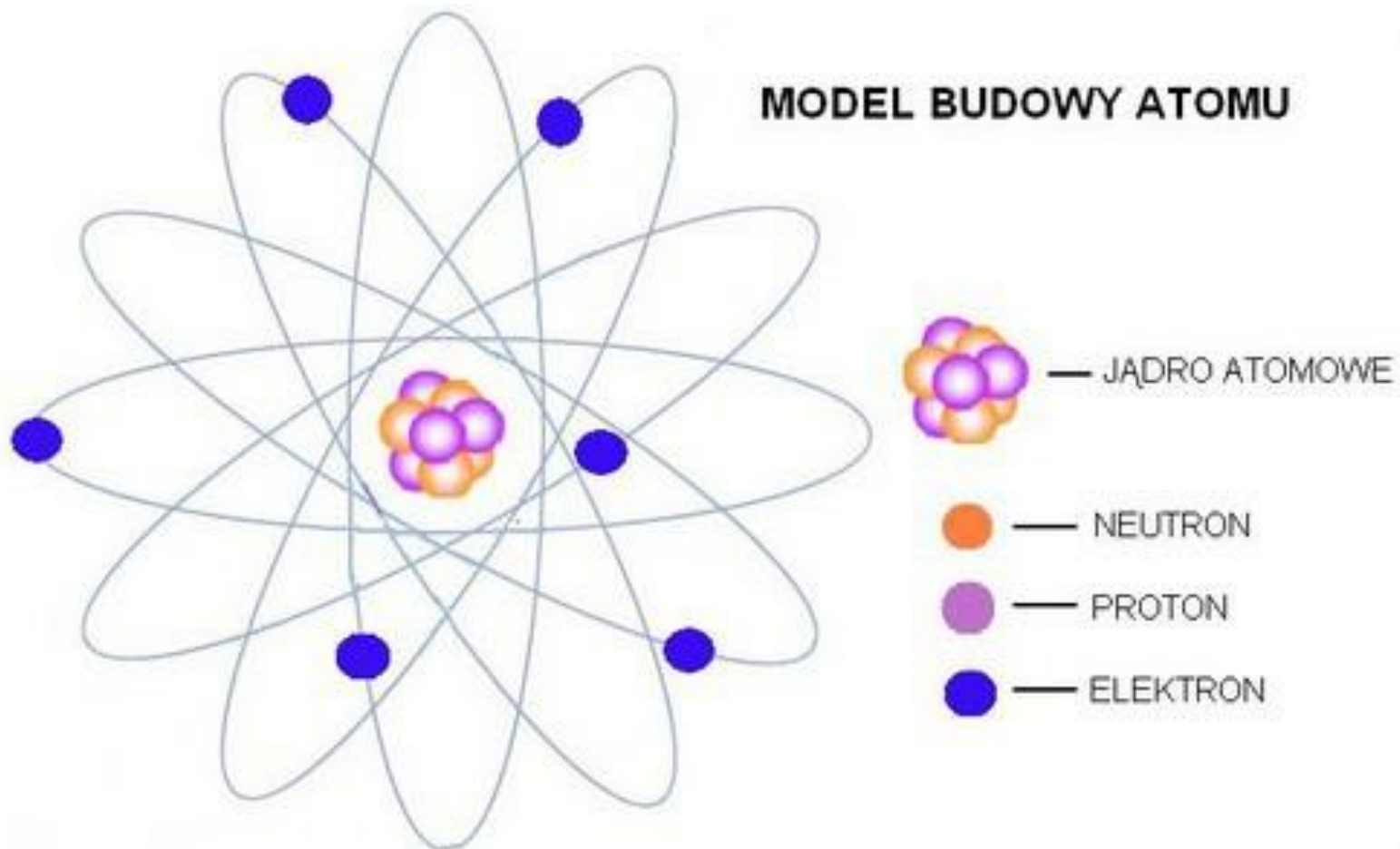
NAJWAŻNIEJSZE CZĄSTKI ELEMENTARNE

Do najważniejszych cząstek elementarnych należą:

- **elektrony,**
- **protony,**
- **neutrony.**

Cząstka elementarna	Masa	Ładunek elektryczny
Elektron	$55 \cdot 10^{-4} \text{ ajm}^{1)}$ $9,1091 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Proton	$1,00758 \text{ ajm}$ $1,6725 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Neutron	$1,00897 \text{ ajm}$ $1,6748 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	elektrycznie obojętny

¹⁾ ajm - atomowa jednostka masy równa 1/12 masy atomu izotopu węgla o liczbie masowej 12.



Atom



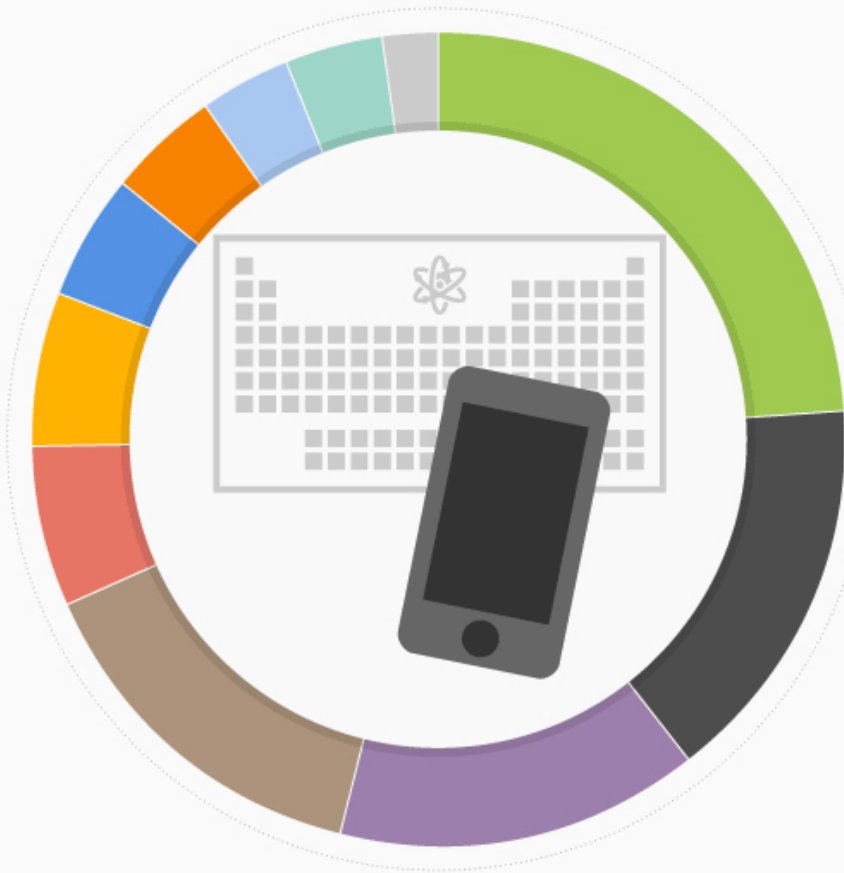
Pierwiastki chemiczne: zbiory atomów o jednakowych ładunkach jąder

- Liczba masowa: liczba nukleonów w jądrze,
- Masa atomowa: stosunek średniej masy atomu do masy $1/12$ atomu C_{12} ,

129 g: pierwiastki, z których zbudowany jest iPhone

Materiały użyte do produkcji iPhone'a 6 (16 GB)

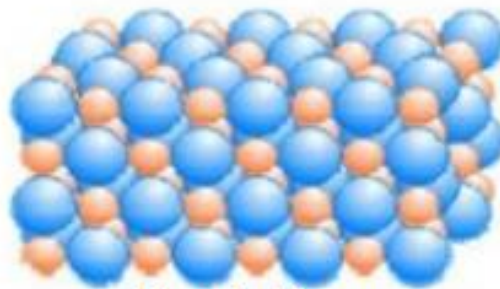
- 31.1 g Aluminium
- 19.9 g Węgiel
- 18.7 g Tlen
- 18.6 g Żelazo
- 8.1 g Krzem
- 7.8 g Miedź
- 6.6 g Kobalt
- 5.5 g Wodór
- 4.9 g Chrom
- 4.9 g inne
- 2.7 g Nikiel
- 129.0 g SUMA



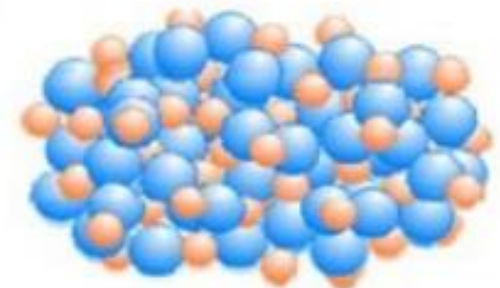
całkowity koszt materiałów
\$1.03

Stany skupienia materii:

- gaz,
- ciecz,
- ciało stałe:
 - krystaliczne,
 - amorficzne.



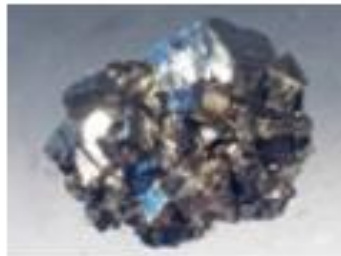
Krystaliczne



Amorficzne

Kryształ – ciało stałe, którego wewnętrzna budowa charakteryzuje się regularnym rozmieszczeniem atomów, jonów lub cząstek i tworzy sieć krystaliczną.

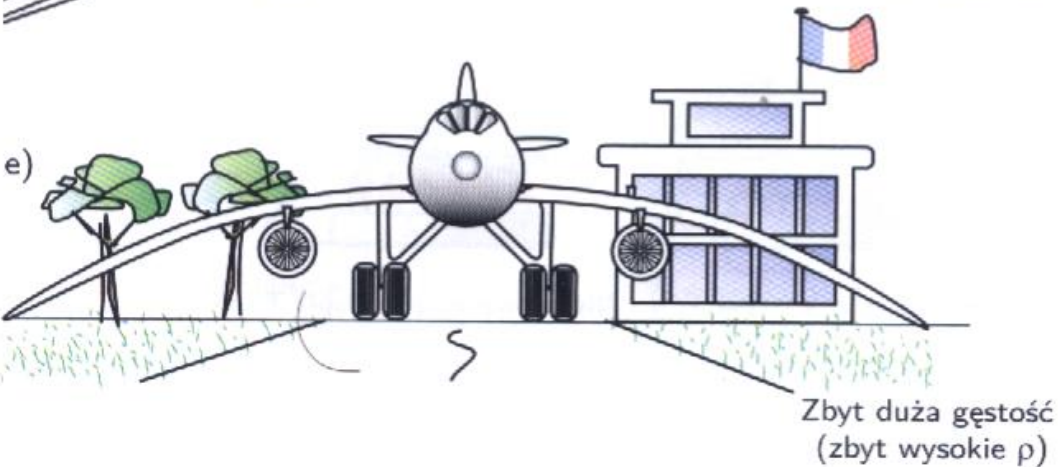
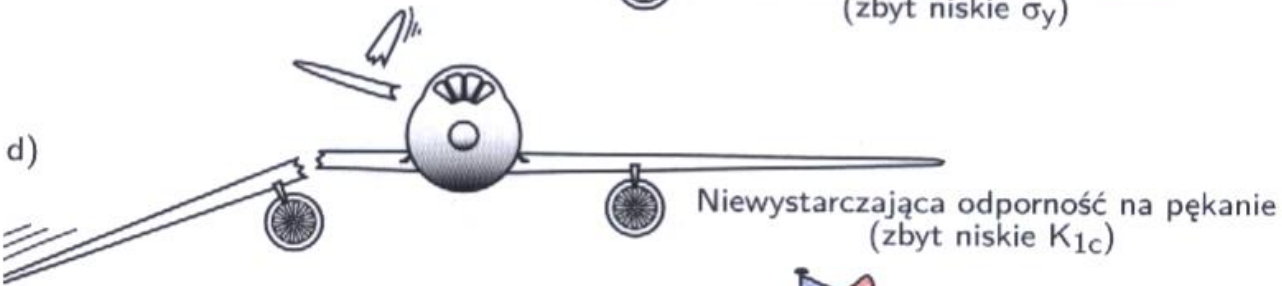
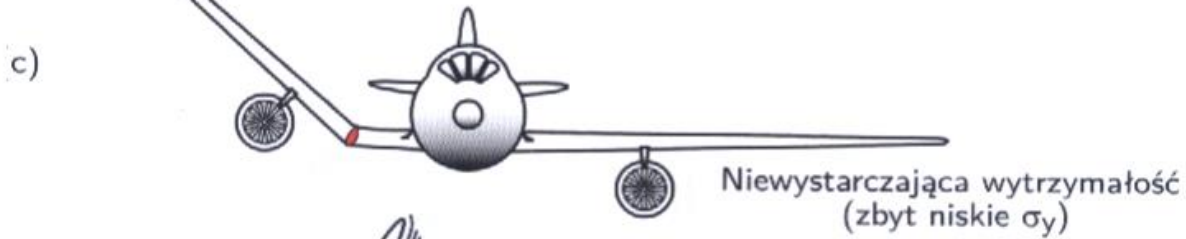
Polikryształ



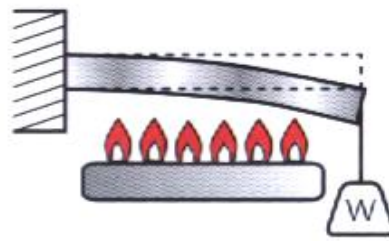
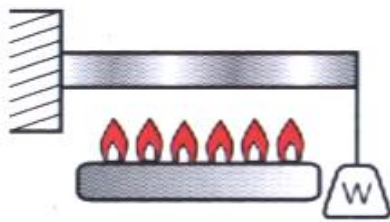
Monokryształ



Właściwości materiałów



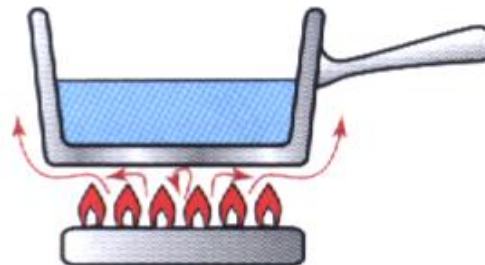
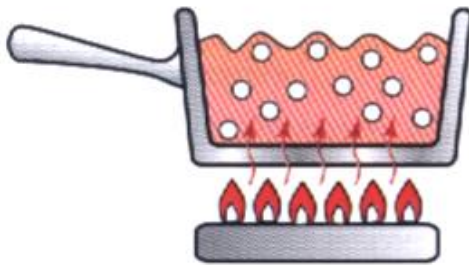
Właściwości mechaniczne



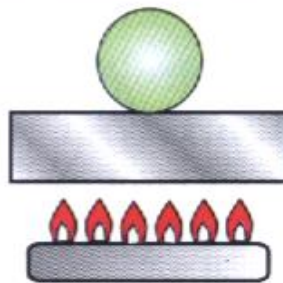
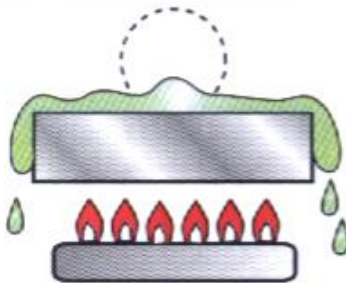
(a) Wysoka temperatura pracy materiału T_{\max} Niska temperatura pracy materiału T_{\max}



(b) Wysoki współczynnik rozszerzalności α Niski współczynnik rozszerzalności α



(c) Wysoka przewodność cieplna λ Niska przewodność cieplna λ

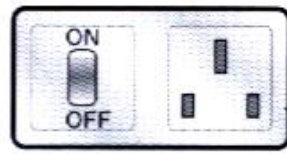


(d) Wysokie rozpraszanie ciepła T, α Niskie rozpraszanie ciepła T, α

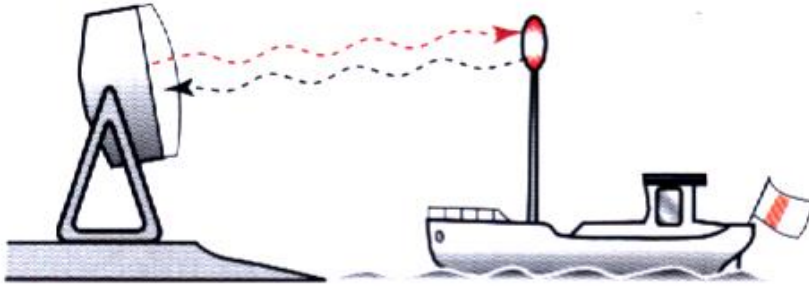
Właściwości materiałów



(a) Niska oporność właściwa ρ_e



Wysoka oporność właściwa ρ_e



(b) Niska stała dielektryczna

Wysoka stała dielektryczna



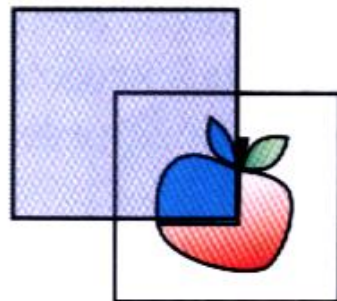
(c) Zastosowanie magnetyka „twardego”



Zastosowanie magnetyka miękkiego



(d) Ugięcie



Absorpcja

Właściwości elektryczne, magnetyczne i optyczne

Właściwości materiałów



Woda z kranu



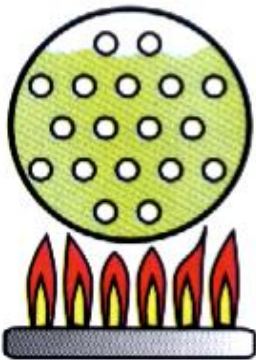
Woda morska



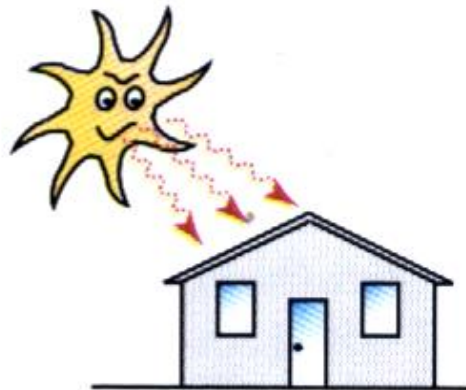
Kwasy i zasady



Rozpuszczalniki organiczne



Utlenianie

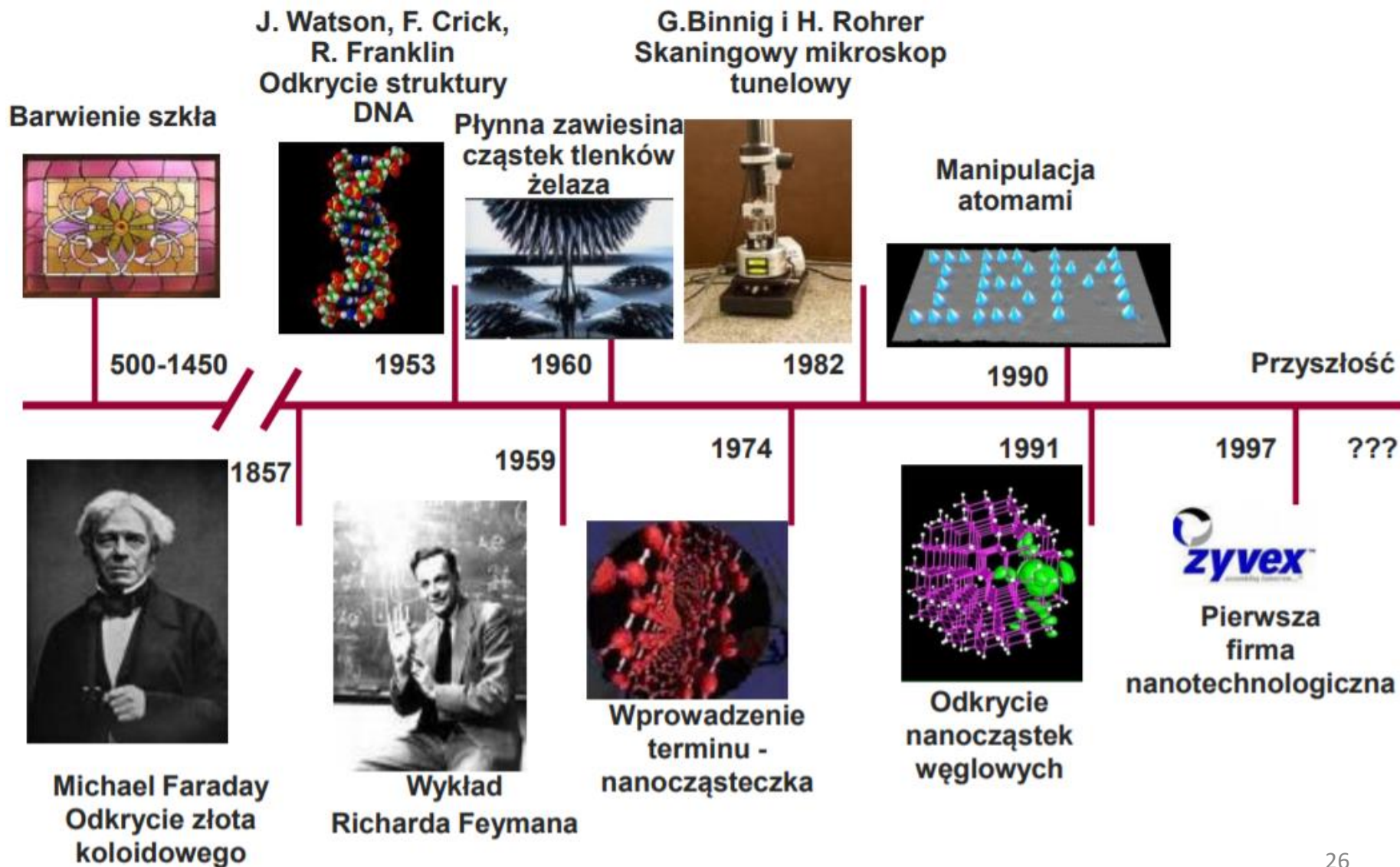


Promieniowanie UV

Właściwości chemiczne: odporność na wodę, kwasy, zasady, rozpuszczalniki organiczne, utlenianie i promieniowanie

- cząstka elementarna,
- jądro atomowe,
- atom,
- cząsteczka (molekuła),
- **faza,**
- **mikrostruktura,**
- konstrukcja.

NANOTECHNOLOGIA - HISTORIA



NANOTECHNOLOGIA - HISTORIA

Barwienie szkła



500-1450

J. Watson, F. Crick,
R. Franklin
Odkrycie struktury
DNA



1953

Płynna zawiesina
cząstek tlenków
żelaza



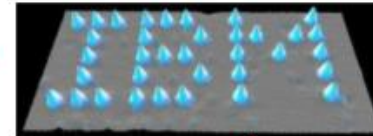
1960

G.Binnig i H. Rohrer
Skaningowy mikroskop
tunelowy



1982

Manipulacja
atomami



1990

Przyszłość



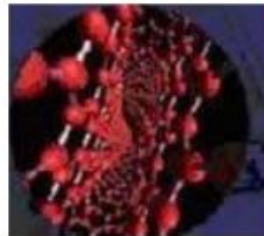
1857

Michael Faraday
Odkrycie złota
koloidowego



1959

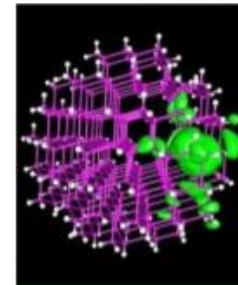
Wykład
Richarda Feynmana



1974

Wprowadzenie
terminu -
nanocząsteczka

1991



Odkrycie
nanocząstek
węglowych

1997



Pierwsza
firma
nanotechnologiczna

???



Ilustracja zmiany barwy roztworu
w zależności od wymiaru nanocząstek koloidu



Puchar Likurga (IV w.n.e.),

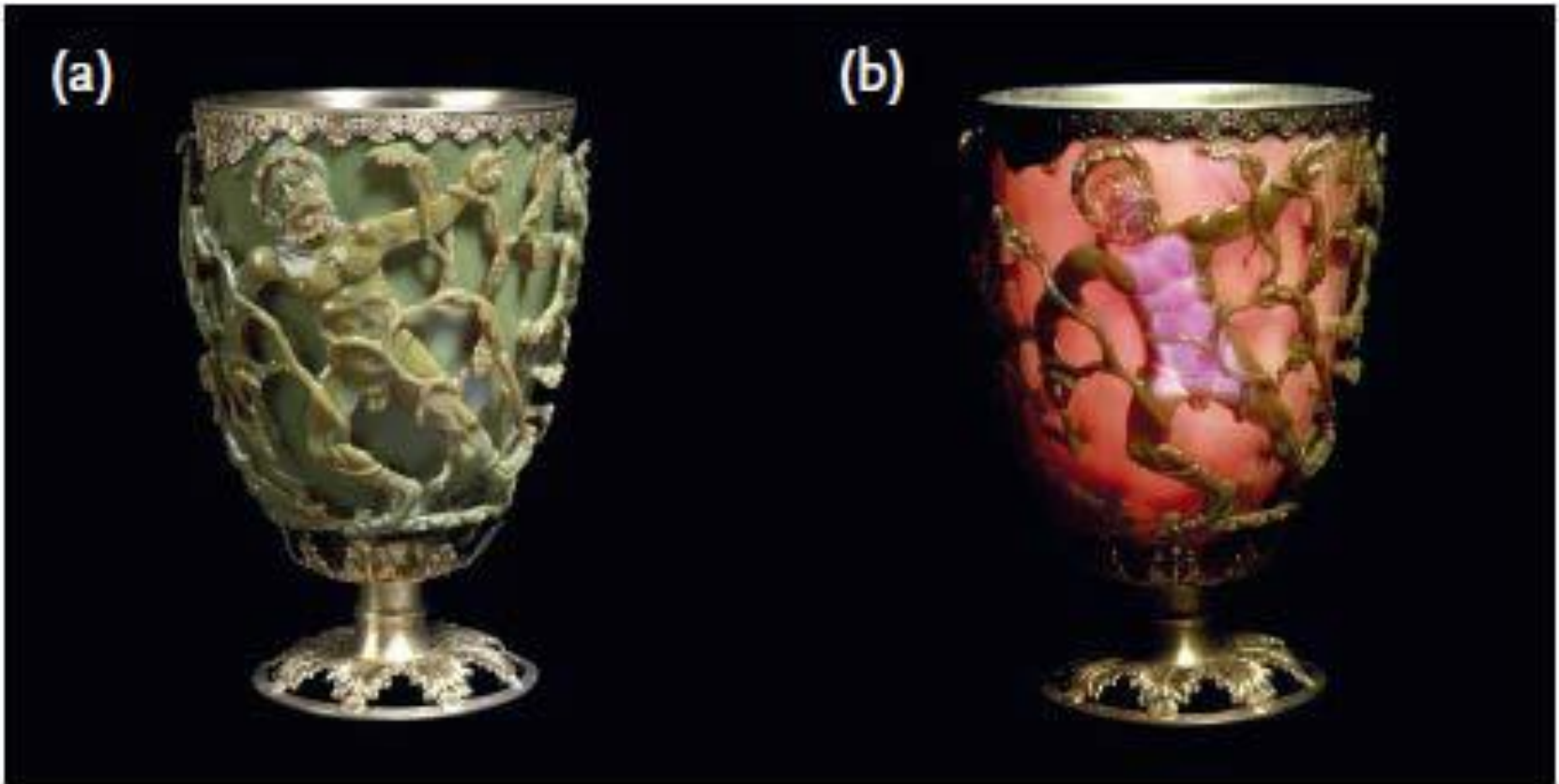




szkło dichroiczne

(termin dichroiczne oznacza grę dwóch kolorów, tzn. takie szkło, przepuszczając dany kolor, odbija jego barwę dopełniającą)

Ciekawostka: aby uzyskać podobny efekt, trzeba na szkło nałożyć warstwy bardzo małych drobinek złota i srebra (również innych metali) o wielkości 50-70 nanometrów.

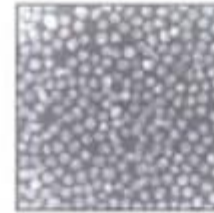


Puchar Likurga, szkło, (IV w.n.e.): nanocząstki (70 nm) złota i srebra, zdyspergowane w formie koloidalnej, są odpowiedzialne za efekt dichroiczny (czerwony/zielony): a) oświetlenie od strony patrzącego, b) oświetlenie po stronie przeciwnej do patrzącego, lub w środku.



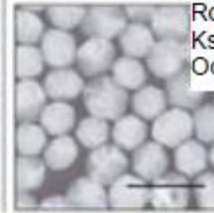
Cząstki złota w szkle

Rozmiar: 25 nm
Kształt: kula
Odbicie koloru:



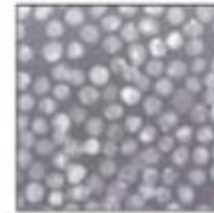
Cząstki srebra w szkle

Rozmiar: 100 nm
Kształt: kula
Odbicie koloru:



Gdyby średniowieczni artyści potrafili kontrolować wielkość i kształt nanocząstek, byłoby w stanie użyć dwóch metali do produkcji innych kolorów.

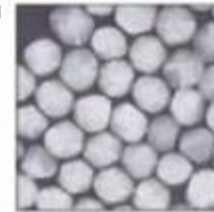
Rozmiar: 50 nm
Kształt: kula
Odbicie koloru:



Rozmiar: 40 nm
Kształt: kula
Odbicie koloru:



Rozmiar: 100 nm
Kształt: kula
Odbicie koloru:

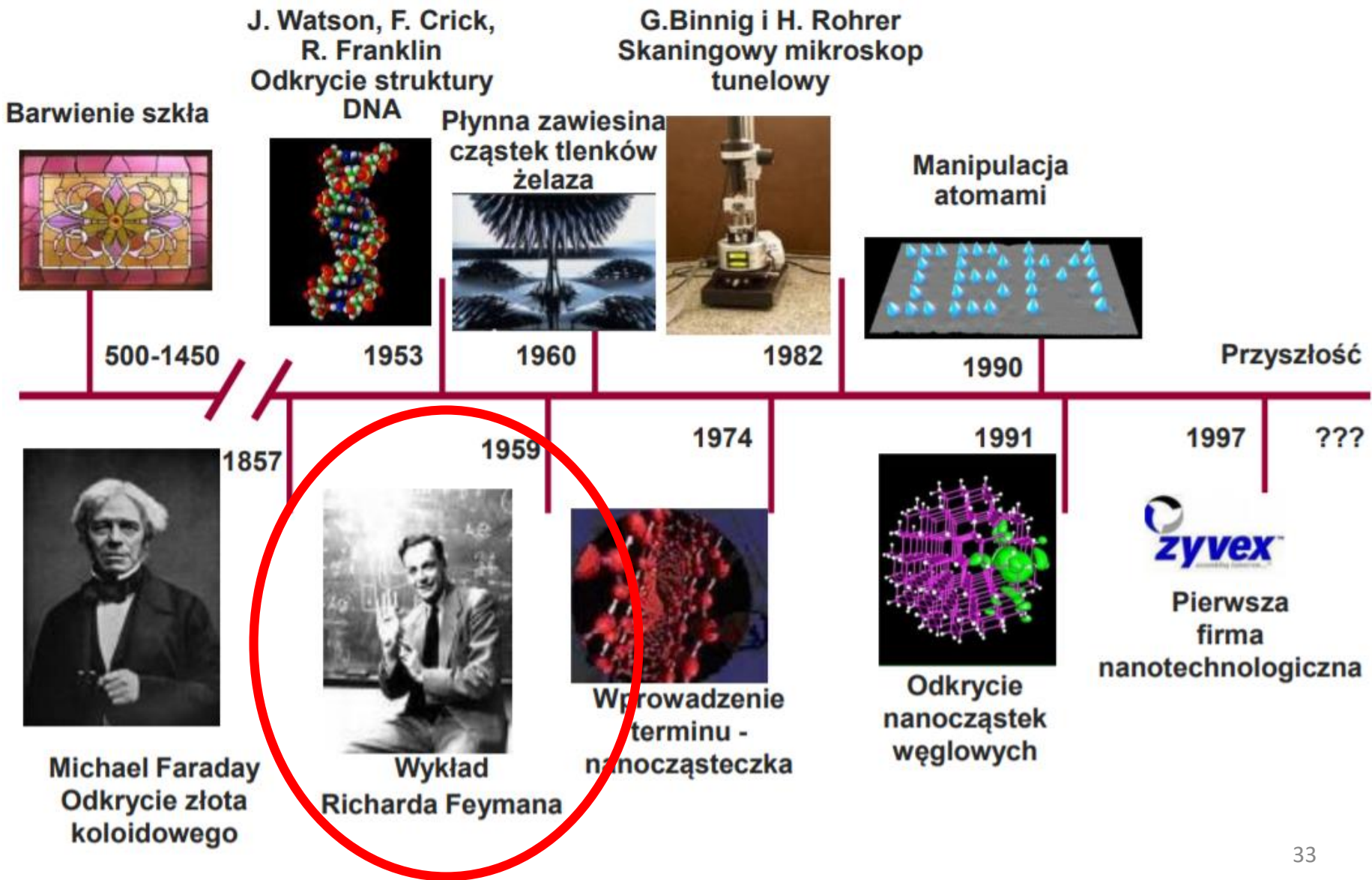


Rozmiar: 100 nm
Kształt: 4-ścian
Odbicie koloru:



Witraż nordycki
w katedrze w Anglii (zmiany barwy zależą
od rozmiaru
i kształtu nanocząstek złota i srebra) 32

NANOTECHNOLOGIA - HISTORIA



Richard Feynman – ‘Ojciec’ nanotechnologii

1959: “There is plenty of room at the bottom”



**Richard P. Feynman
(1918-1988)**

**spotkanie
Amerykańskiego
Towarzystwa Fizycznego,
Kalifornia,
grudzień 1959**

- ‘miniaturyzacja otwiera nowe możliwości,
- ‘zwycięstwo’ nanokosmosu w zastosowaniach technicznych.

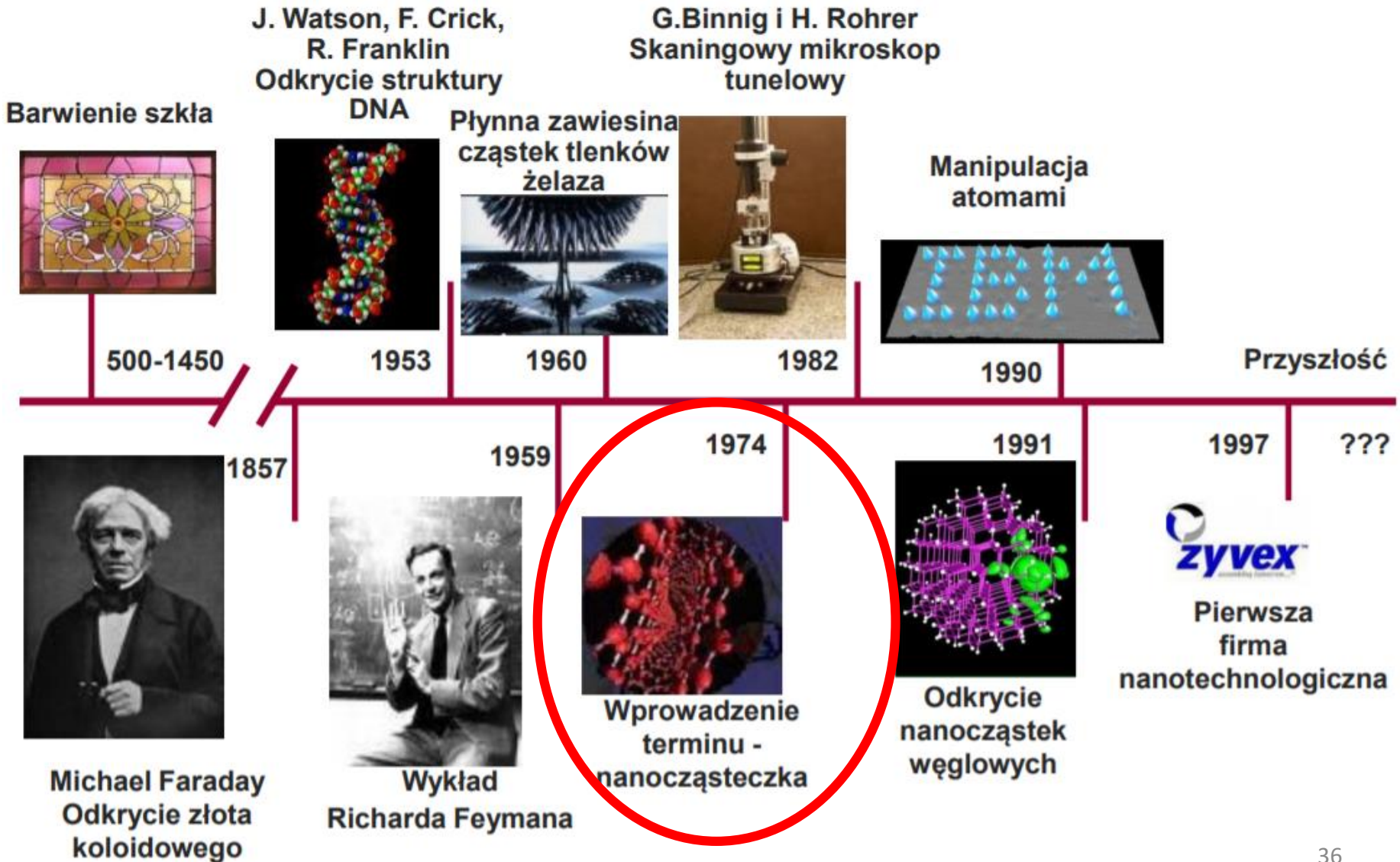
R.P. Feynman

„Prawa fizyki nie odbierają możliwości tworzenia struktur materii atom po atomie. Nie jest to próba pogwałcenia jakichkolwiek zasad, ale jest to coś co w zasadzie można zrobić”

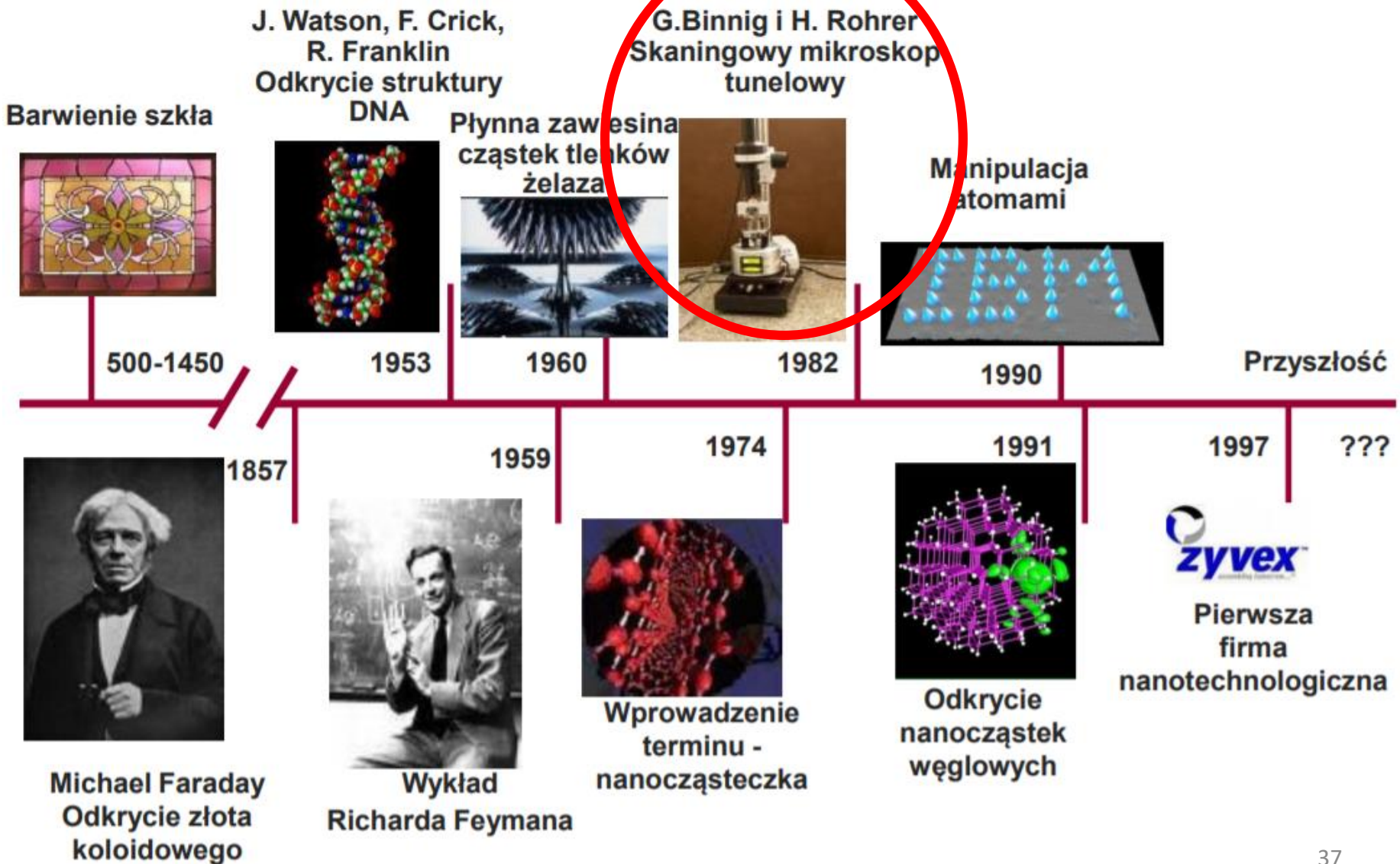
Ta teza stworzyła na gruncie fizyki teoretycznej uzasadnienie do powstania nanotechnologii. **Feynman inspirował jej rozwój** ustanawiając dwie nagrody za:

1. Wykonanie silnika mieszczącego się w sześciacie o boku $1/64$ cala (nagroda odebrana w 1960r przez W.H. McLellana),
2. Zmniejszenie strony książki do skali $1/25\ 000$ (odebrana w 1985 przez T. Newmanna).

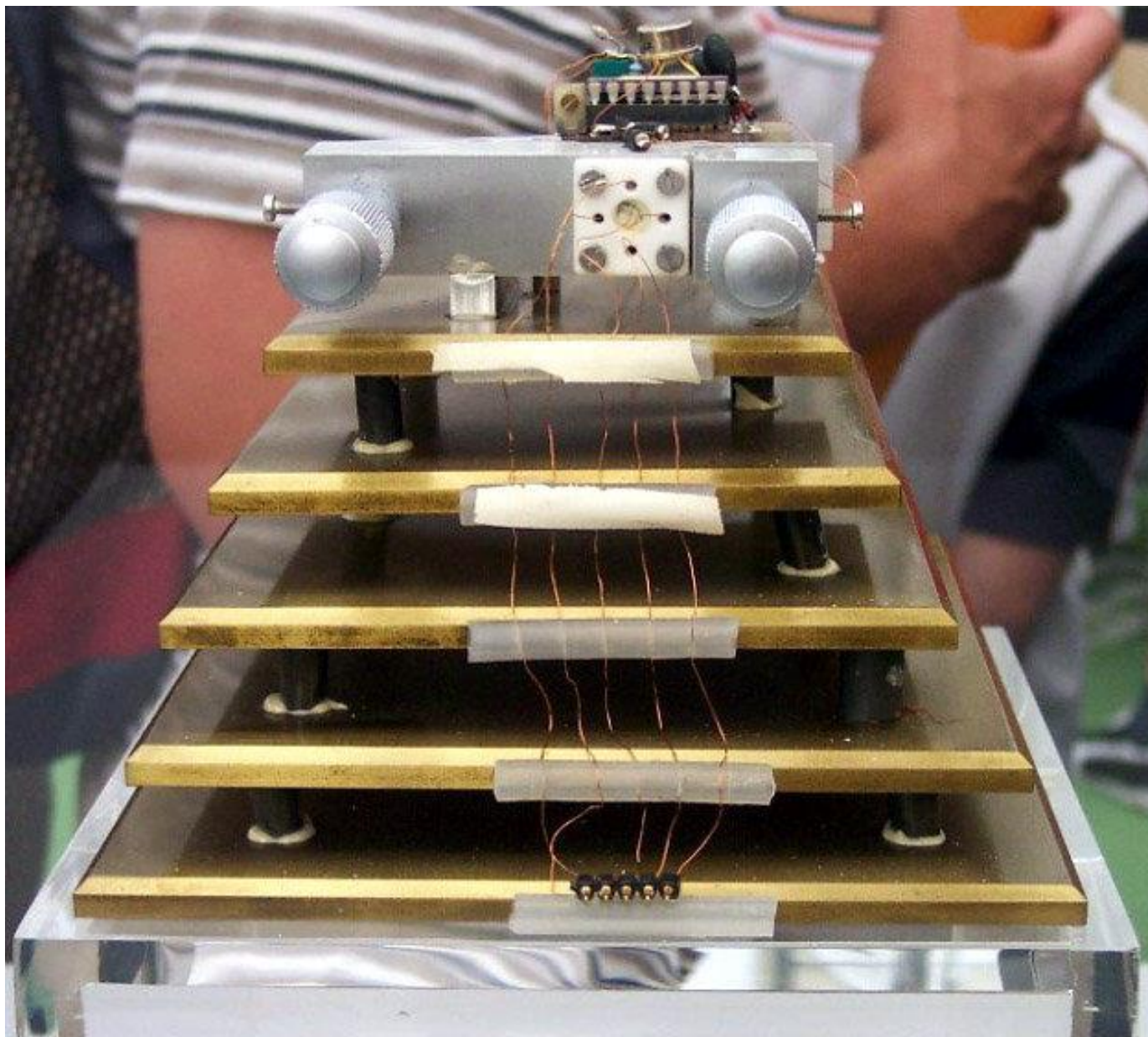
NANOTECHNOLOGIA - HISTORIA



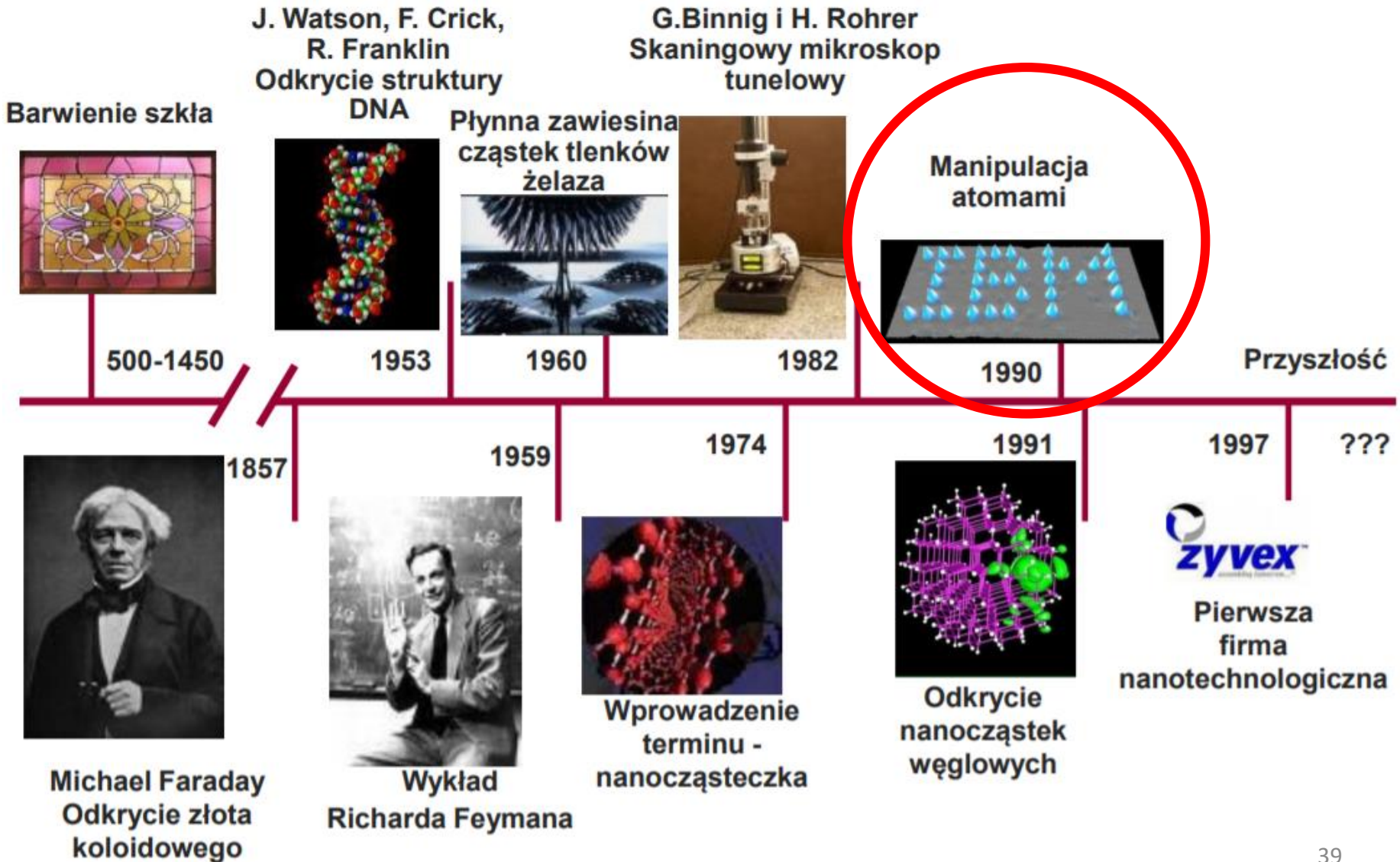
NANOTECHNOLOGIA - HISTORIA



Skaningowy mikroskop tunelowy

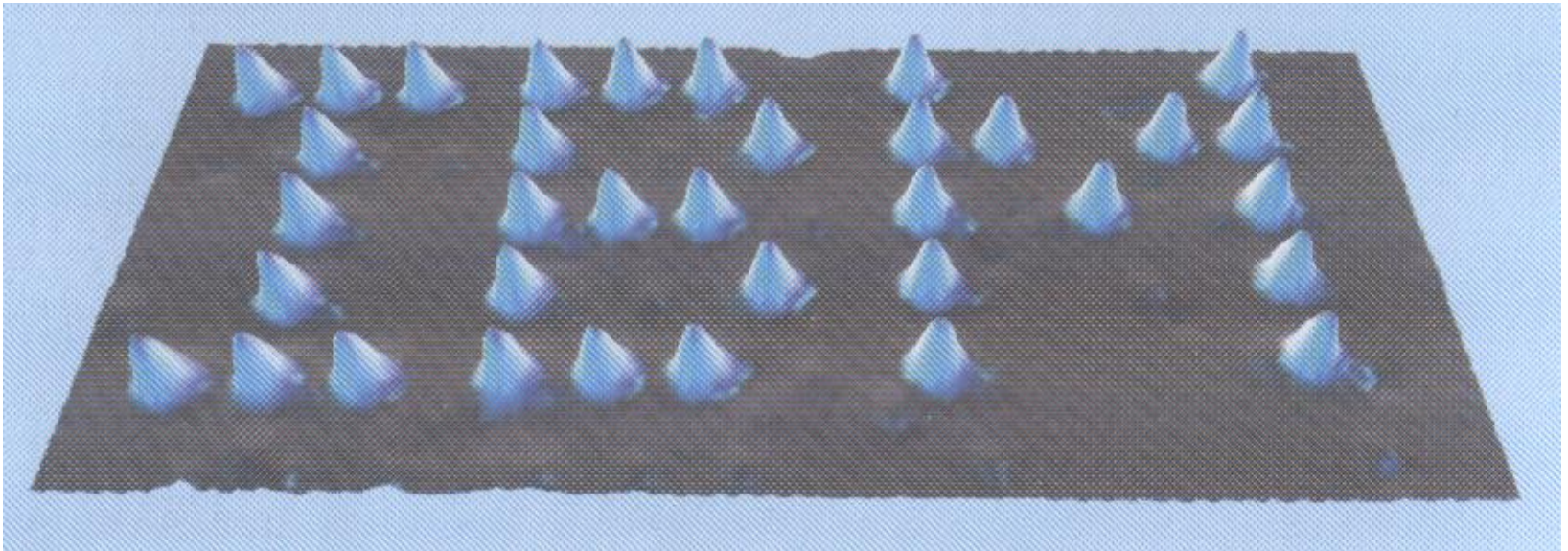


NANOTECHNOLOGIA - HISTORIA



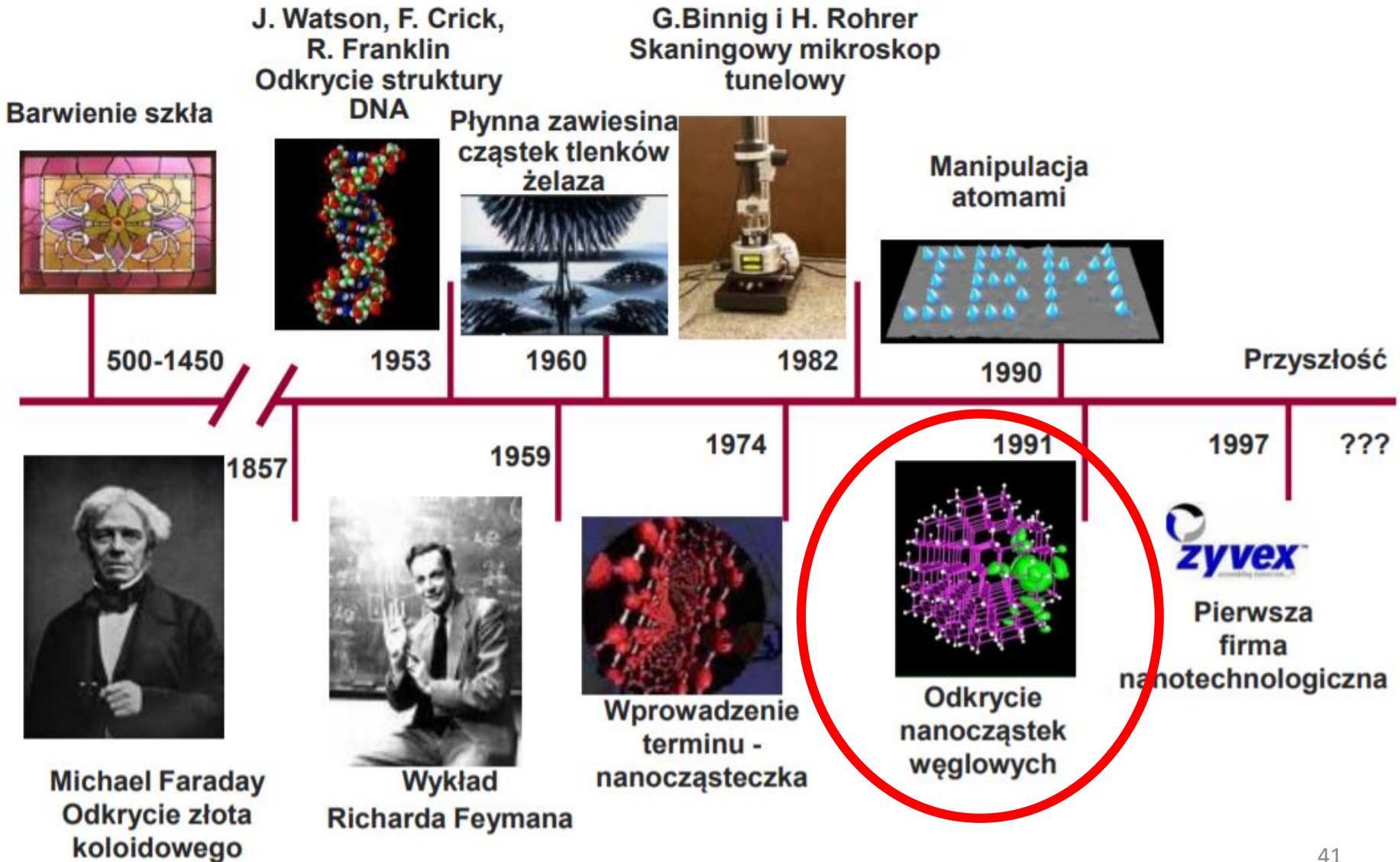
D.M. Eigler

E. Schweizer



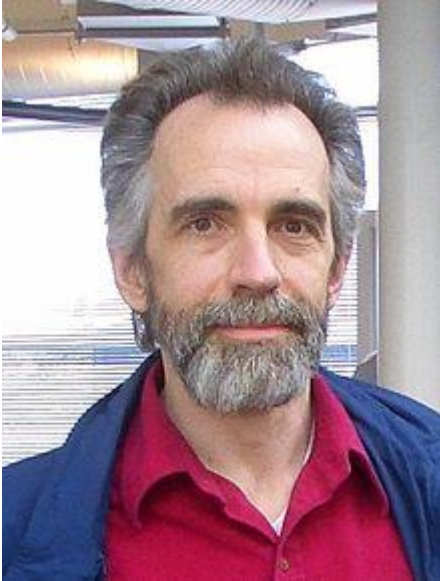
Doświadczenie trwało 18 h i przeprowadzono w ultra wysokiej próżni w temperaturze 4 K (duża stabilność temperaturowa i hamowanie dyfuzji)

NANOTECHNOLOGIA - HISTORIA



Nanotechnologia-futurologia

Wydał książkę „Engines of Creation” (Motory tworzenia)

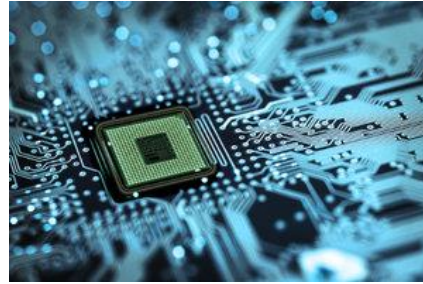


K. Eric Drexler

- Inteligentna mgła zastępująca pasy bezpieczeństwa w samochodzie,
- Mechaniczny nanokomputer,
- Maszyna do robienia dowolnej rzeczy.

Nanotechnologia w tej postaci
nie doczekała się jak na razie realizacji...

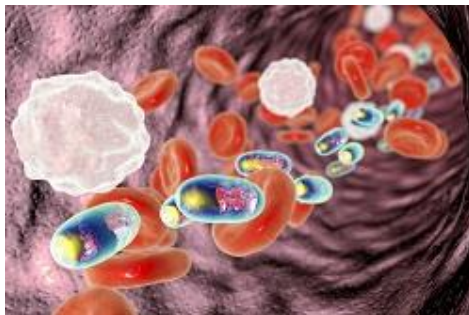
➤ nanoelektronika



➤ nanobiologia

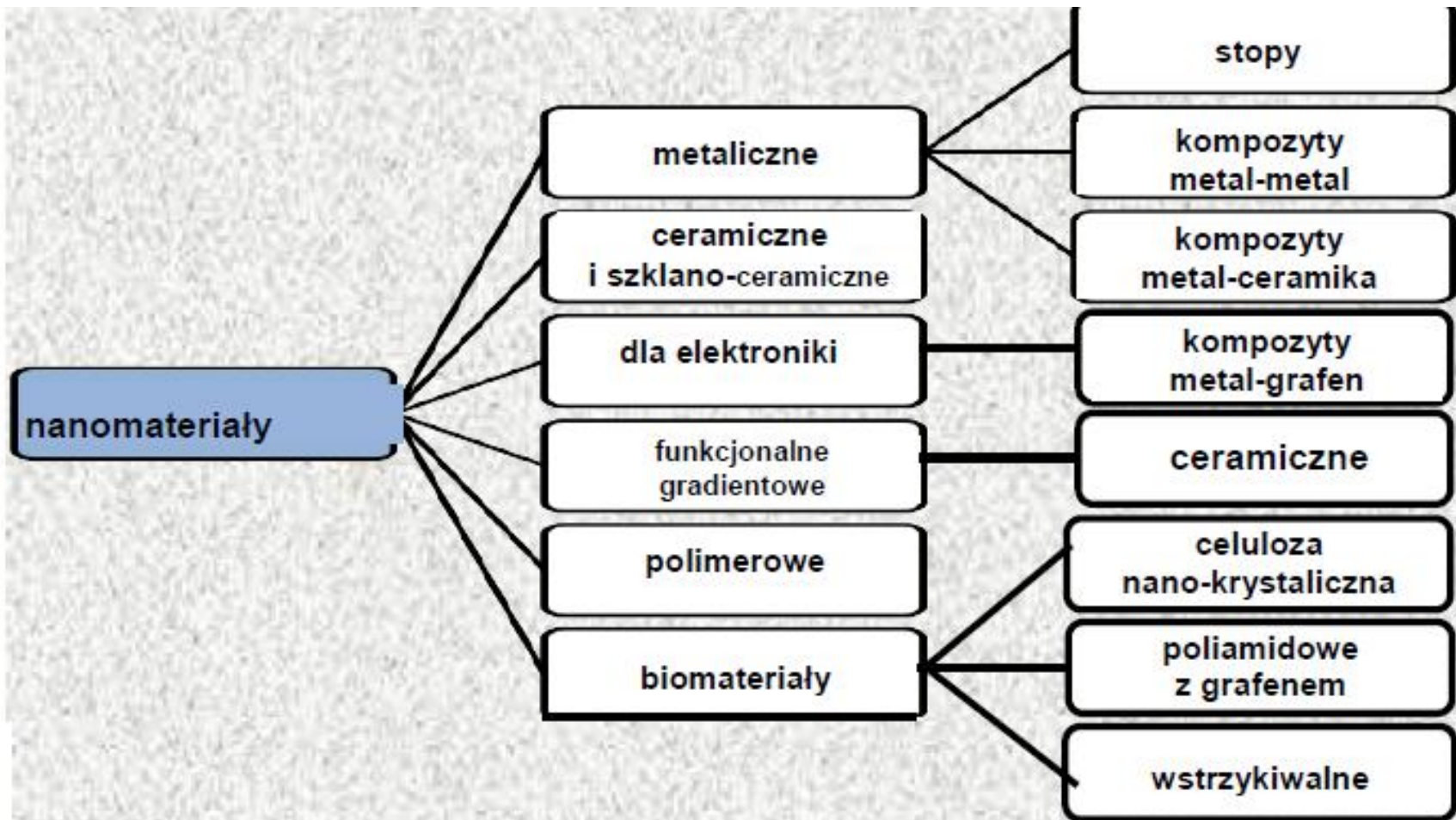


➤ nanomedycyna



nanonauki

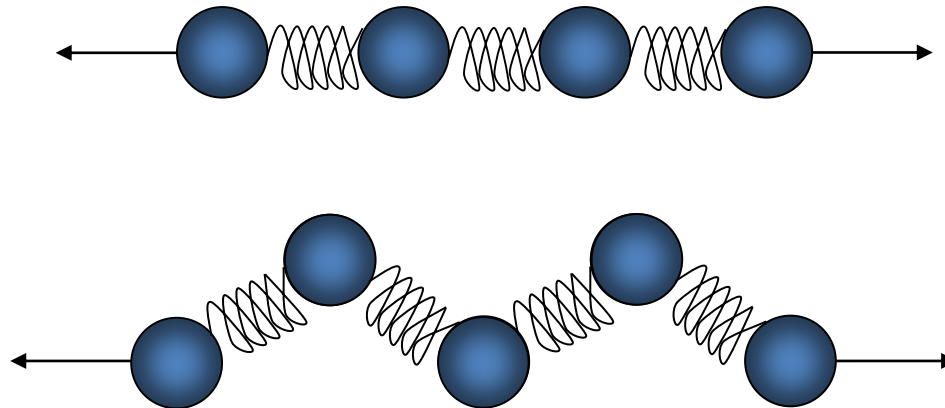
1–100 nm



Wiązania pomiędzy atomami

Dwa czynniki wpływają na właściwości materiałów:

- Siły międzyatomowe,
- Sposób ułożenia atomów,



Wiązania pomiędzy atomami

Wiązanie chemiczne jest to swoiste oddziaływanie pomiędzy drobinami, wywołane dążeniem atomów do uzyskani energetycznie trwałego rozmieszczenia elektronów wokół jąder.

Wiązania pierwotne

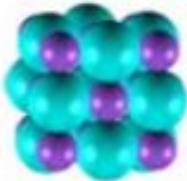

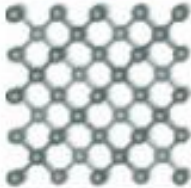
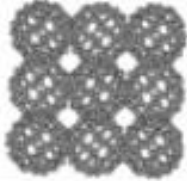
(silne, rozrywają się topią w temp. 1000 – 5000K)

- Jonowe
- Kowalencyjne (atomowe)
- Metaliczne

Wiązania molekularne wtórne (słabe oddziaływania międzycząsteczkowe)

(słabe, rozrywają się topią w temp. 100 – 500K)

- Van der Waalsa

Rodzaj wiązania	Schemat	Gdzie występują?
Jonowe		Między atomami różniącymi się znacznie tzw. elektroujemnością.
Metaliczne		W metalach i ich stopach.
Kowalencyjne		Między atomami tego samego pierwiastka.
Molekularne		W kryształach zbudowanych z cząsteczek chemicznych.

Cechy wiązań krystalicznych

Rodzaj wiązania	Cechy
Jonowe	<ul style="list-style-type: none">- Nie ma wyróżnionego kierunku wiązania,<ul style="list-style-type: none">- Kryształy twarde,- Złe przewodnictwo elektryczne i ciepłe,<ul style="list-style-type: none">- Wysoka temperatura topnienia,- Rozpuszczalne w wodzie,- Kryształy przezroczyste.
Metaliczne	<ul style="list-style-type: none">- Wiązanie silne, bezkierunkowe,- Dobre przewodnictwo elektryczne i ciepłe,<ul style="list-style-type: none">- Łatwość zamiany atomów,- Metale nieprzezroczyste.
Kowalencyjne	<ul style="list-style-type: none">- Wiązanie silne, kierunkowe,<ul style="list-style-type: none">- Kryształy twarde,- Izolatory w niskich temperaturach,- Przewodniki w wysokich temperaturach,- Typowe wiązanie półprzewodników.
Molekularne	<ul style="list-style-type: none">- Wiązanie słabe, bezkierunkowe,<ul style="list-style-type: none">- Niewielka twardość,- Złe przewodnictwo elektryczne,- Niska temperatura topnienia.

ISTOTA WIĄZAŃ MIĘDZY ATOMAMI

Rodzaj wiązania	Substancja	Energia wiązania	
		kJ/mol	eV/atom, jon, cząsteczkę
Jonowe	NaCl	640	3,3
	MgO	1000	5,2
Kowalencyjne	Si	450	4,7
	C (diament)	713	7,4
Metaliczne	Hg	68	0,7
	Al	324	3,4
	Fe	406	4,2
	W	849	8,8
Van der Waalsa	Ar	7,7	0,08
	Cl ₂	31	0,32
Wodorowe	NH ₃	35	0,36
	H ₂ O	51	0,52