

Fizyka nowoczesnych materiałów

Marcin Motyka

początki
odrobina historii- ciekawostki
kropka kwantowa
półprzewodniki
kwantowy efekt rozmiarowy

Siły napędowe inżynierii materiałowej i nanoinżynierii

- Aspekty poznawcze – laboratorium fizyczne
 - Nowe własności skomplikowanych związków i stopów krystalicznych
 - Obserwacja świata w nanoskali i manipulacja materią na poziomie pojedynczych fotonów i elektronów

- Perspektywy zastosowania
 - Nowe zastosowania → urządzenia wykorzystujące efekty kwantowe (np. efekt rozmiarowy)
 - Oszczędność → niższa konsumpcja energii i surowców

Symboliczny początek nanotechnologii i innych nano-nauk

„There’s plenty of room at the bottom”

„U spodu jest dużo miejsca”

Richard Feynman,

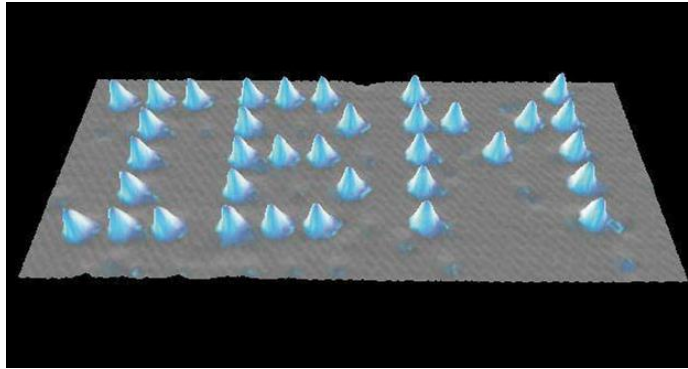
1959

Odrobina historii

- **Wstępne wyobrażenia i sugestie Feynmana o nanoświecie - 1959**
- **Termin „nanotechnologia” (lub nano-technologia) użyty po raz pierwszy przez Norio Taniguchiego w 1974, następnie ponownie ‘odkryty’ przez Kima Erica Drexlera w 1986**
- **Prawdziwy rozwój zaczął się w latach 80-tych:**
 - Mikroskop skaningowy - 1981 (Gerd Binnig & Heinrich Rohrer, IBM Zurich; Nagroda Nobla w 1986)
 - Odkrycie fullerenów - 1985 (Harry Kroto, Richard Smalley & Robert Curl; Nagroda Nobla w 1996)
 - 1985 Thomas Newman (Stanford) – zapisał stronę tekstu z książki Dickensa w skali zadanej przez Feynmana, tj. 1:25000, przy pomocy wiązki elektronów
 - Lata 80-te i 90-te XX wieku – dynamiczny rozwój technik litograficznych i sekwencyjnego osadzania warstw ultracienkich (atomowych) (techniki MOCVD, MBE)

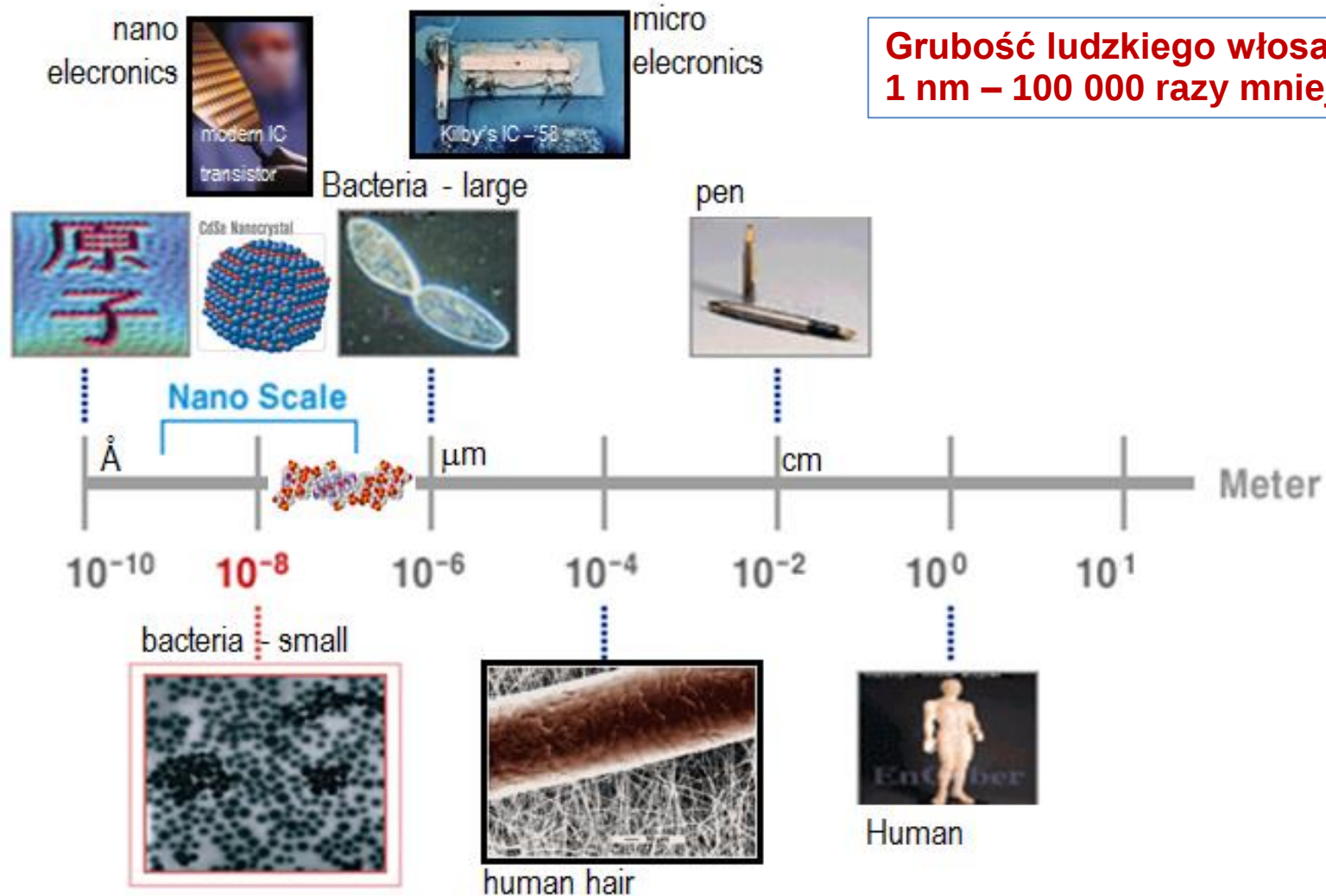
Odrobina historii

- 1989 - Donald M. Eigler & Erhard Schweizer z IBM zapisali nazwę firmy wykorzystując 35 atomów przy pomocy skaningowego mikroskopu tunelowego



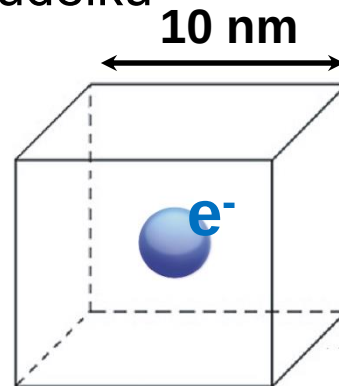
- Wytworzenie pierwszych sztucznych struktur kwantowych – połowa lat 80-tych
- **Pierwsze masowe zastosowania nanomateriałów – po roku 2000**
 - Nanocząstki srebra jako substancja antyseptyczna
 - Nanocząstki w kremach i okularach przeciwsłonecznych (filtry)
 - Nanorurki węglowe w tekstyliach
 - Rok 2007 – badacze z Technionu, Izrael, zapisali cały tekst Biblii (po hebrajsku) na obszarze około 0,5 mm² na pokrytej złotem płytce krzemowej
- **Dalszy gwałtowny rozwój po 2010**
 - Nanomateriały w elementach karoserii, budowlanych, elektronicznych, wyświetlaczach, etc.

Co oznacza skala nano?



Elektron w pudełku → tzw. kropka kwantowa

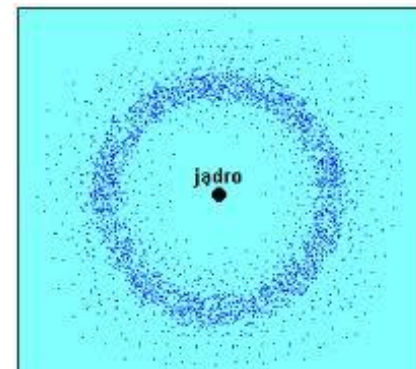
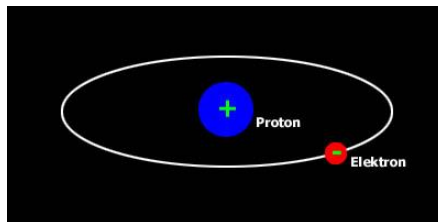
- Elektron uwięziony w pudełku



Długość fali De Broglie'a

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

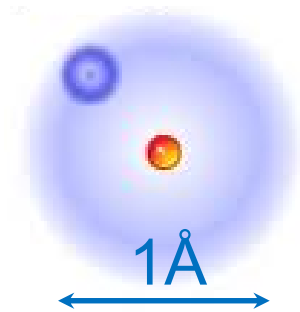
- Analogia do elektronu w atomie wodoru



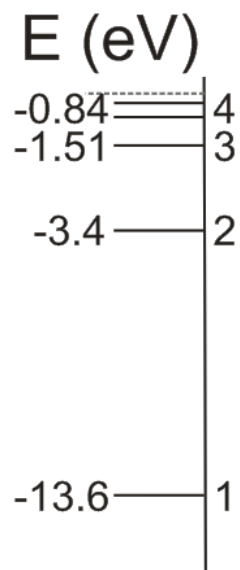
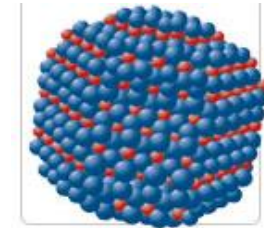
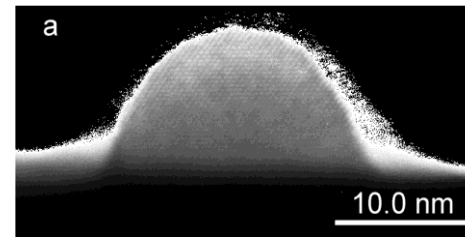
- Dlaczego wytwarzamy takie nowe sztuczne materiały?

Kropka kwantowa vs atom wodoru

Atom wodoru

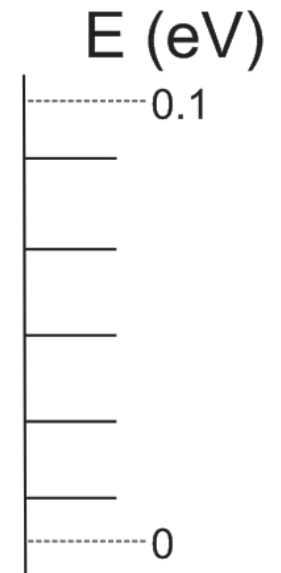


Kropka kwantowa



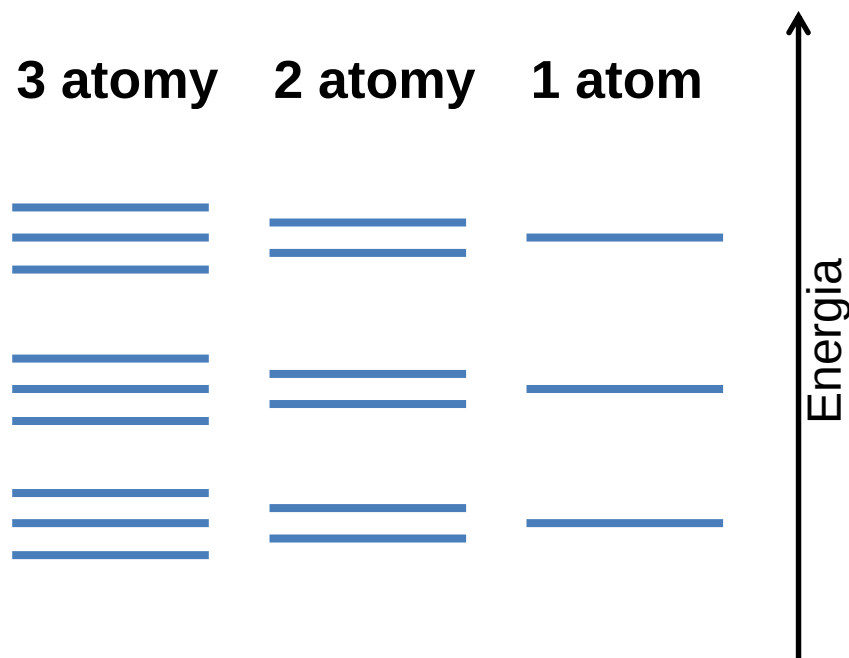
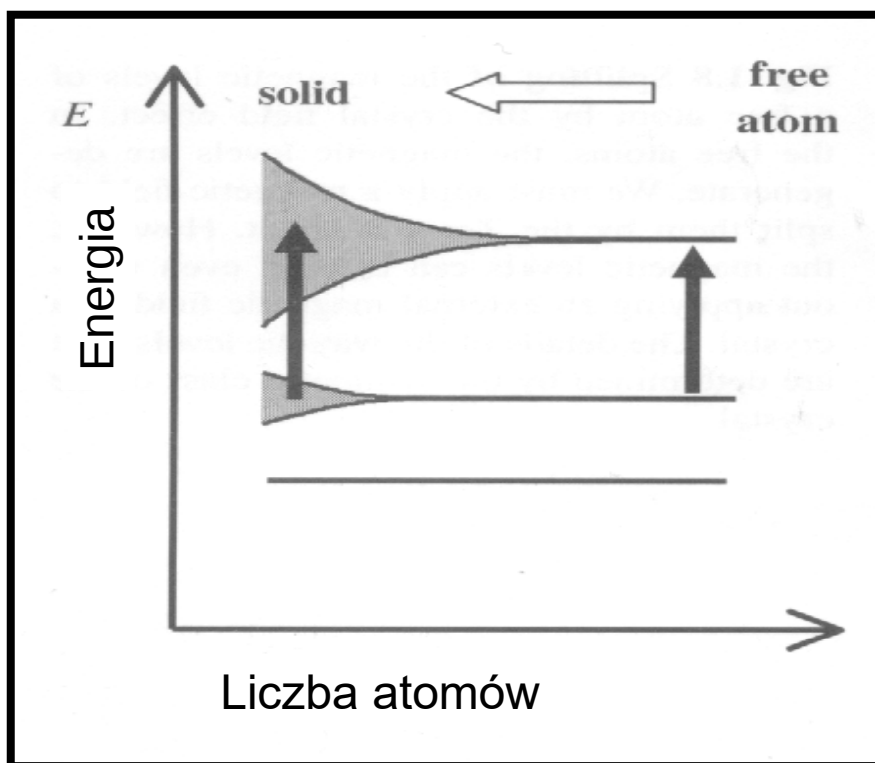
Atom		Kropki kwantowe
0.1 nm	Skala rozmiaru	10 nm
1 Ry = 13,6 eV	Skala energii	100 meV = 0,1 eV
as 1/r (as 1/n ²)	Dostępne energie	Prawie równo odległe

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

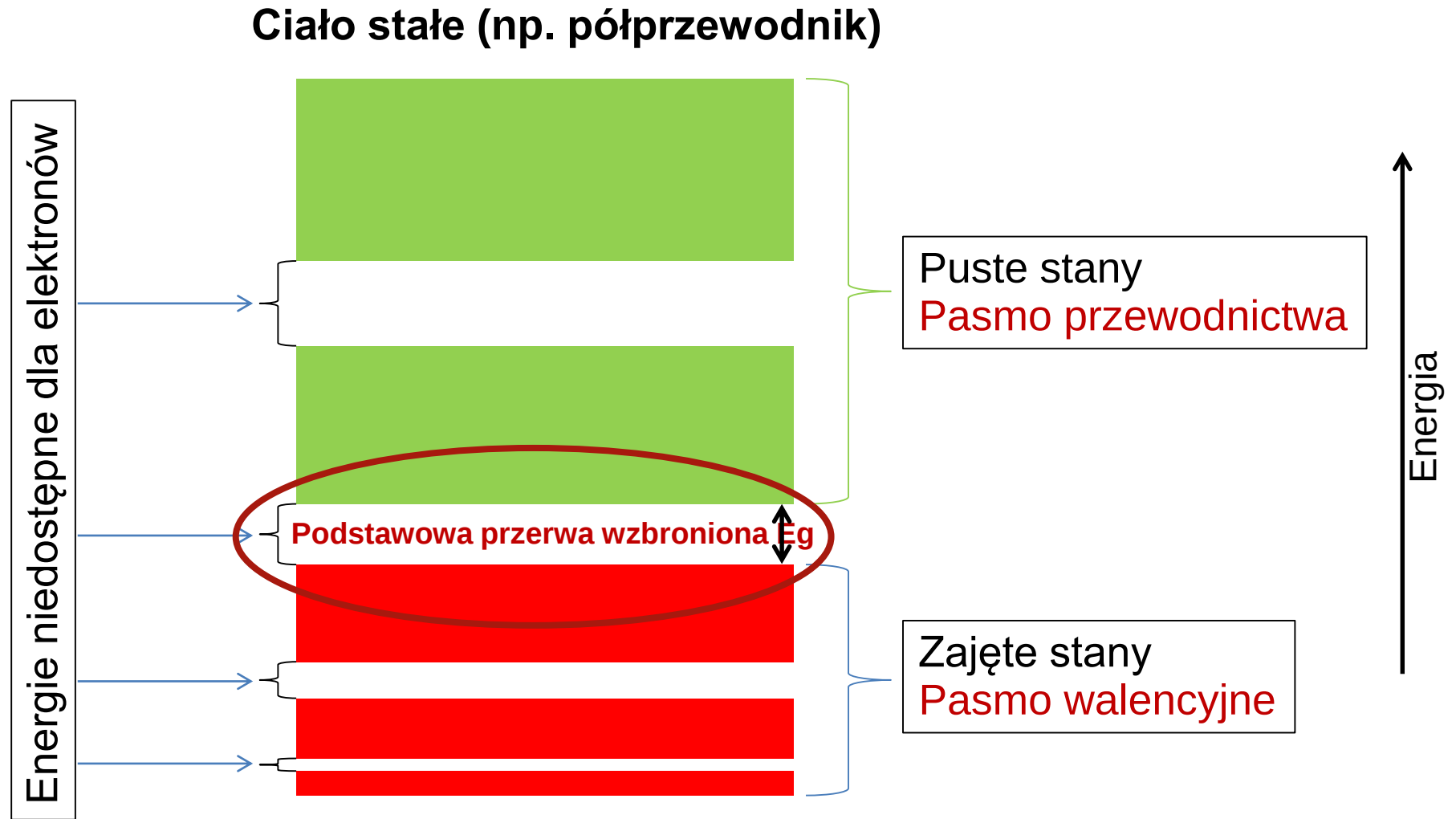


Struktura pasmowa ciał stałych

Tworzenie się pasm i przerwy wzbronionej



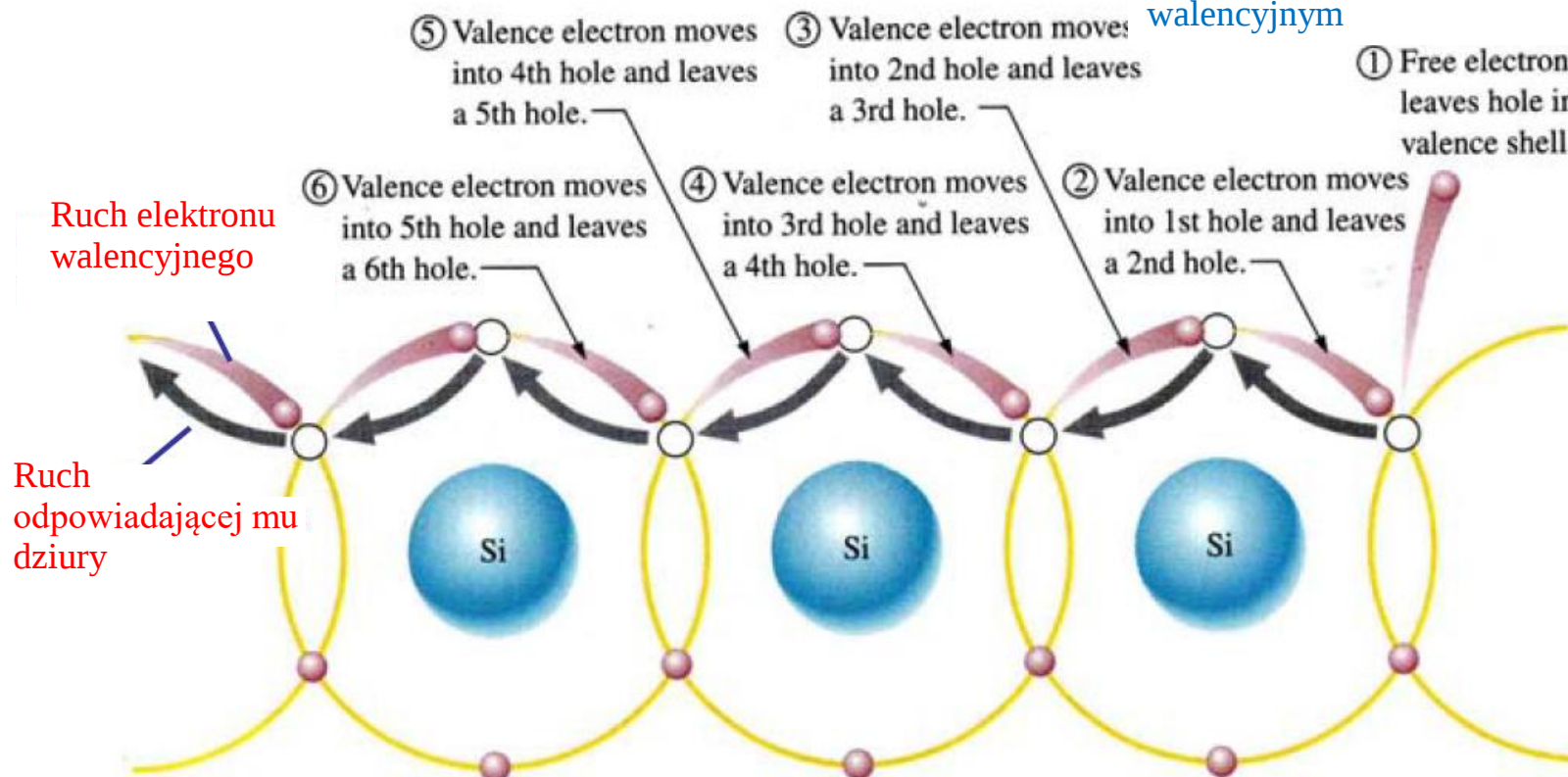
Struktura pasm energetycznych – elektron w kryształ



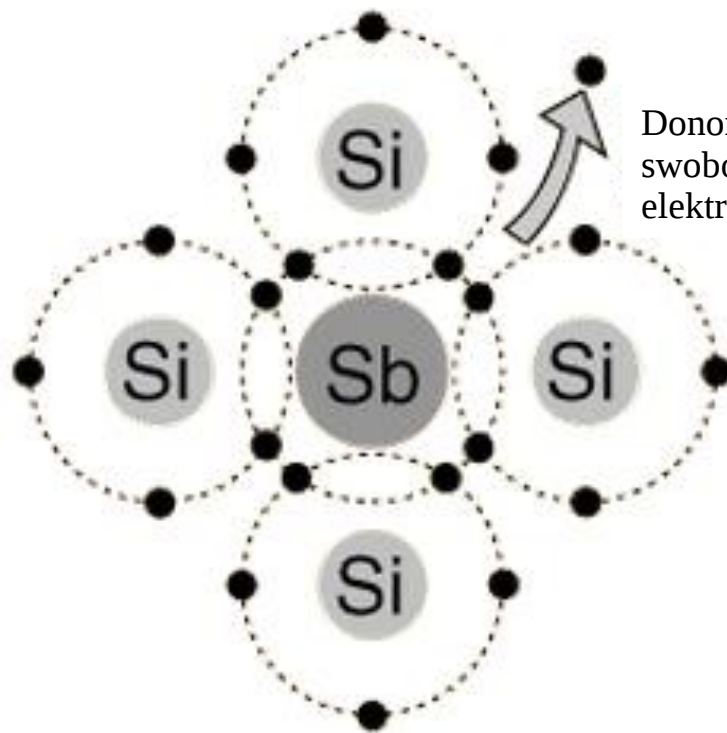
Elektron i dziura jako nośniki ładunku

T.Floyd, Electronic Devices,
Prentice-Hall, 1999

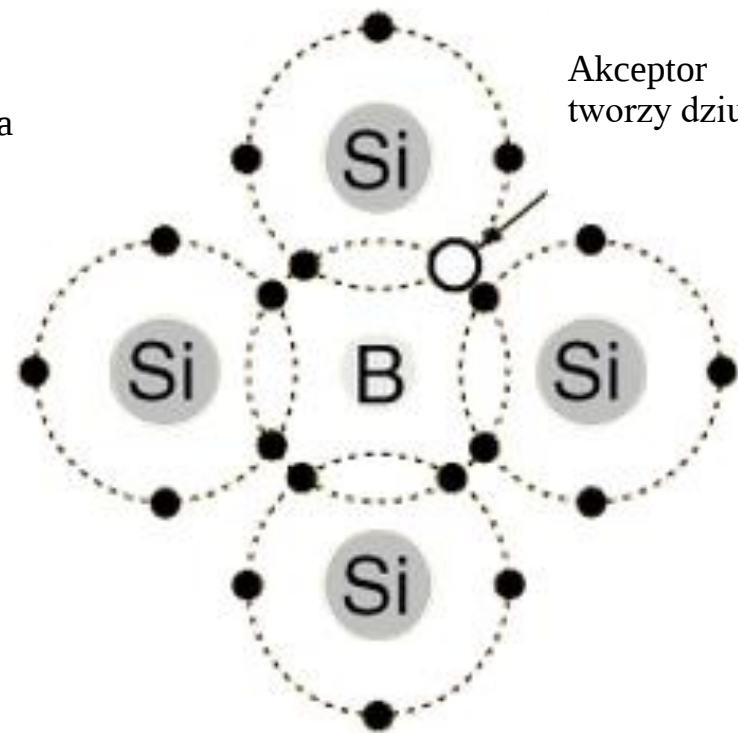
Swobodny elektron zajmuje stan w paśmie przewodnictwa, pozostawiając dziurę w paśmie walencyjnym



Półprzewodniki typu „n” i „p”

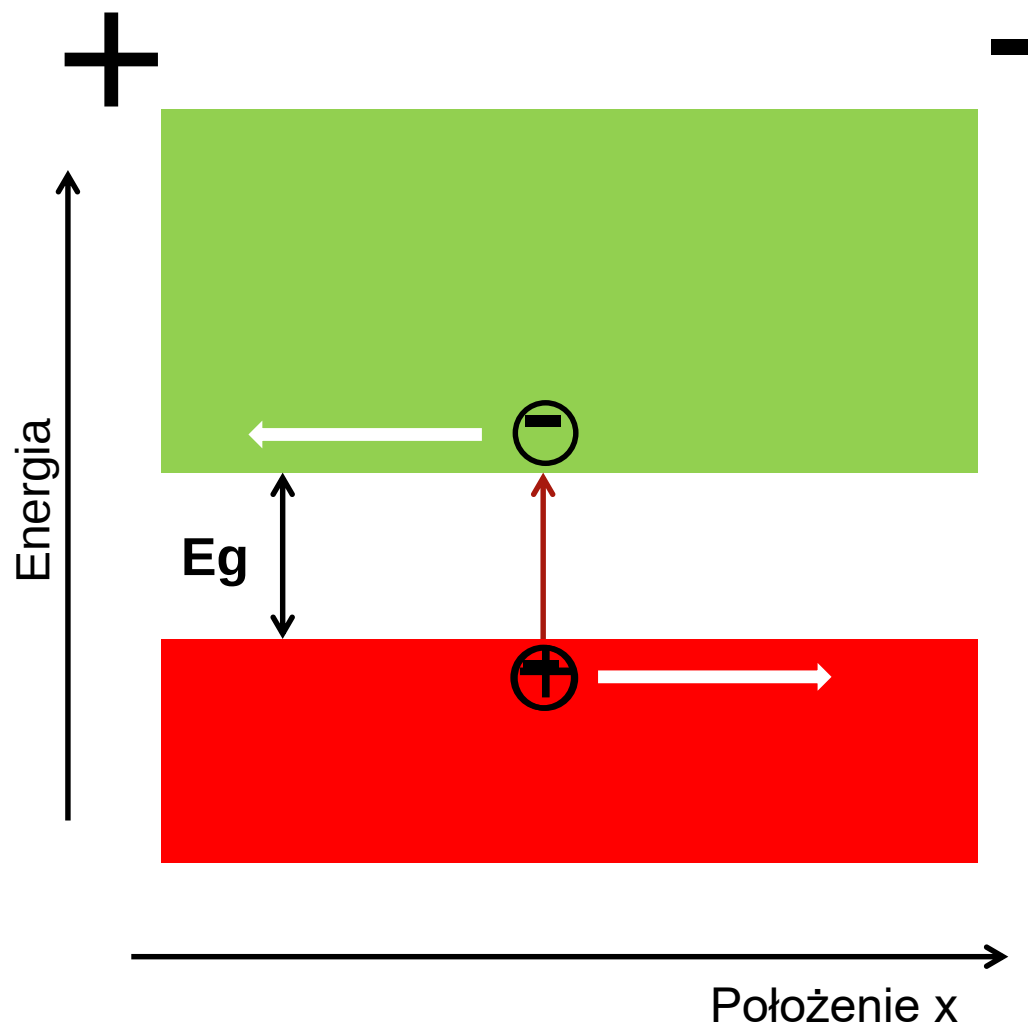


Donor dostarcza
swobodne
elektrony

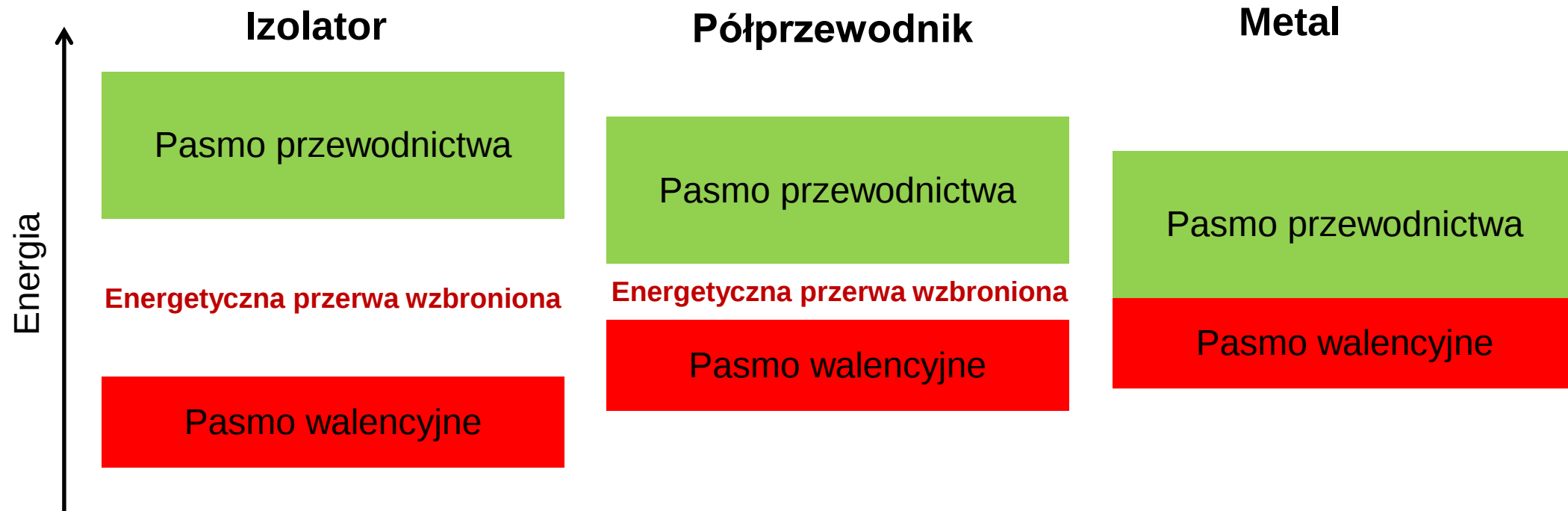


Akceptor
tworzy dziurę

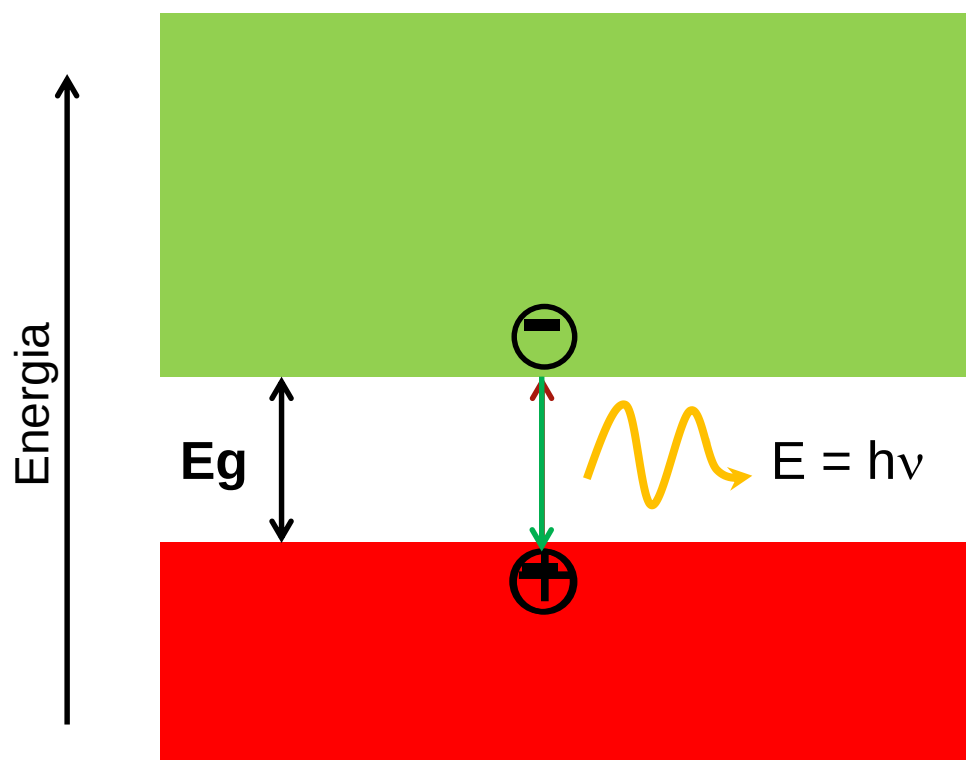
Elektrony i dziury w półprzewodnikach – obraz energetyczny



Podział ciał stałych na metale, dielektryki i półprzewodniki



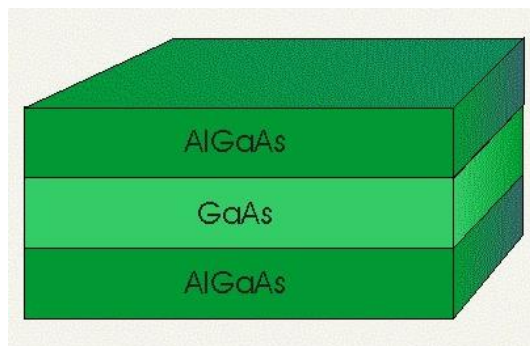
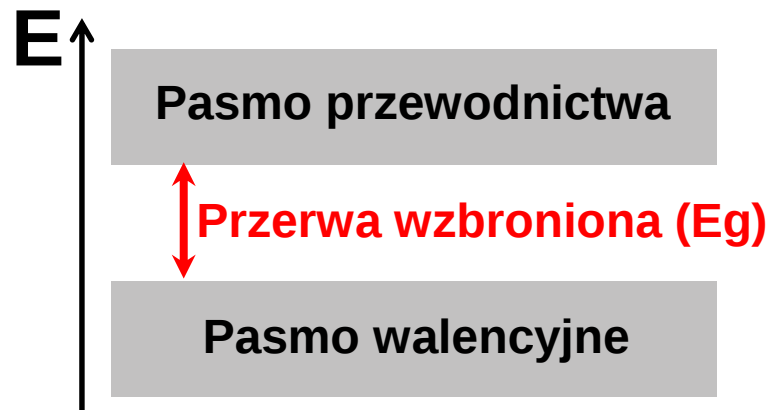
Elektrony i dziury w półprzewodnikach – obraz energetyczny



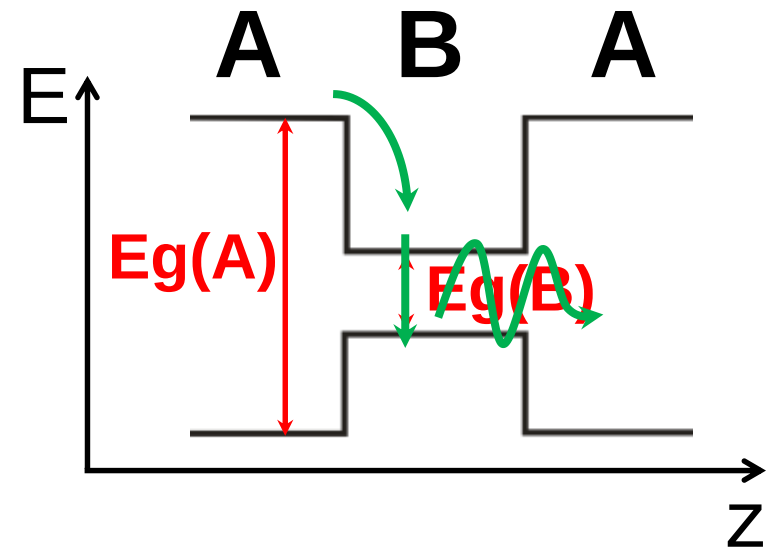
Jak uwięzić elektron czyli jak zrobić tzw. kropkę kwantową?

Półprzewodnik:

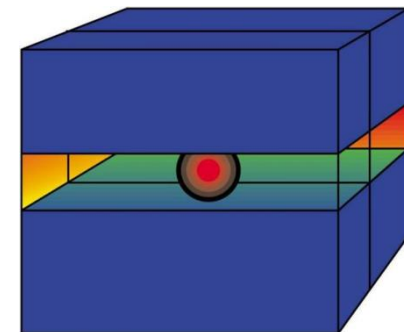
Kryształ, w którym elektrony potrzebują dodatkowej energii by przewodzić



Półprzewodnik A
Półprzewodnik B
Półprzewodnik A



Elektron związany w dwóch wymiarach



Sterowanie długością fali promieniowania:

- Różne półprzewodniki
- Dobór rozmiaru w skali nano

