

5.07.2013

Przewodnik po wielkich urządzeniach badawczych

Grzegorz
Wrochna

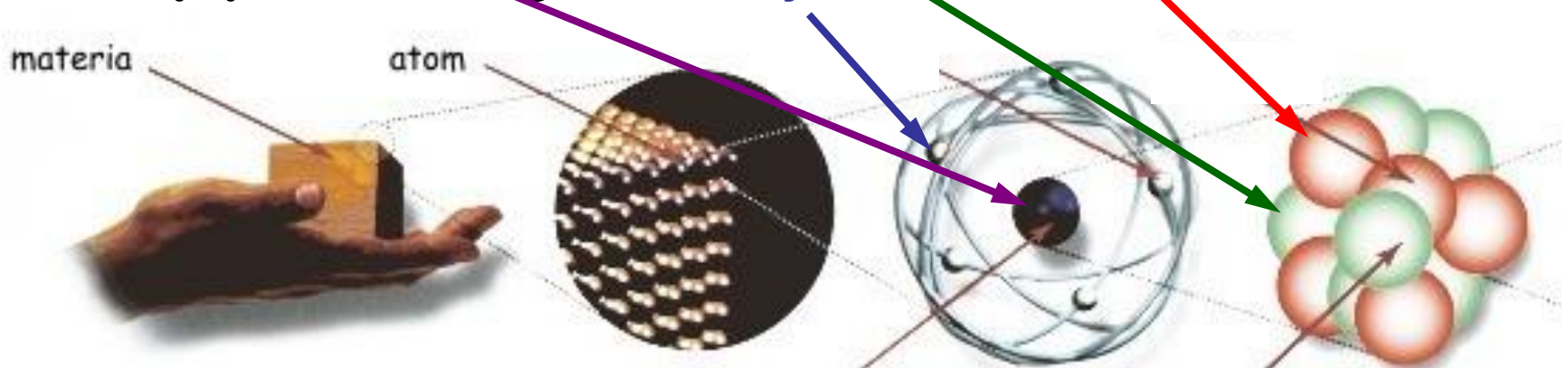


Wielkie urządzenia badawcze

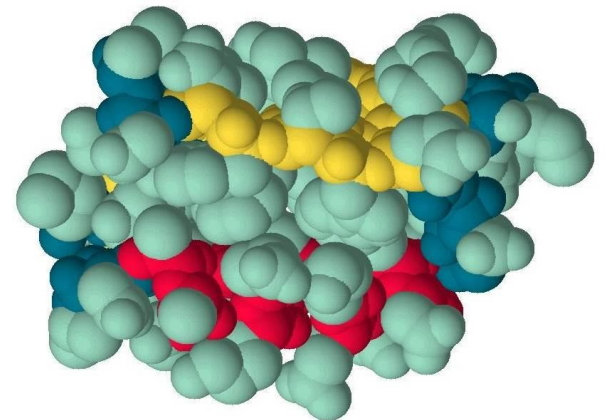
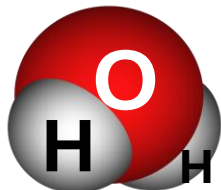
- Wielkie urządzenia badawcze są dziś niezbędne do badania materii na wszystkich poziomach: od **wnętrza atomu**, poprzez **organizmy żywe**, do **całego Wszechświata**.
 - **Skala: 100-1000 mln €, 100m-100km**
 - Budowane często przez fizyków, ale przeważają zastosowania w energetyce, inżynierii materiałowej i **naukach o życiu**.
 - Twierdzenie, że służą wyłącznie fizykom, byłoby równie absurdalne jak to, że komputery służą informatykom a mosty inżynierom.
- „Wielkie infrastruktury badawcze” to pojęcie szersze, obejmujące także duże kompleksy laboratoryjne, informatyczne, bazy danych itp.
 - Pojęcie to bywa nadużywane do określania wszelkich dużych wydatków, jak budynki czy zakupy dużej ilości aparatury.
„Dużo infrastruktury” to nie „duża infrastruktura”!!!
 - **Ok. 1/3 infrastruktur badawczych z listy ESFRI to urządzenia badawcze** (i tylko o nich mówi ten przewodnik)

Struktura materii

- Niemal cała otaczająca nas materia składa się tylko z 3 rodzajów cząstek (*particles*): neutronów, protonów i elektronów
- Atom to **jądro** złożone z **neutronów** i **protonów** + krążące wokół niego **elektrony**



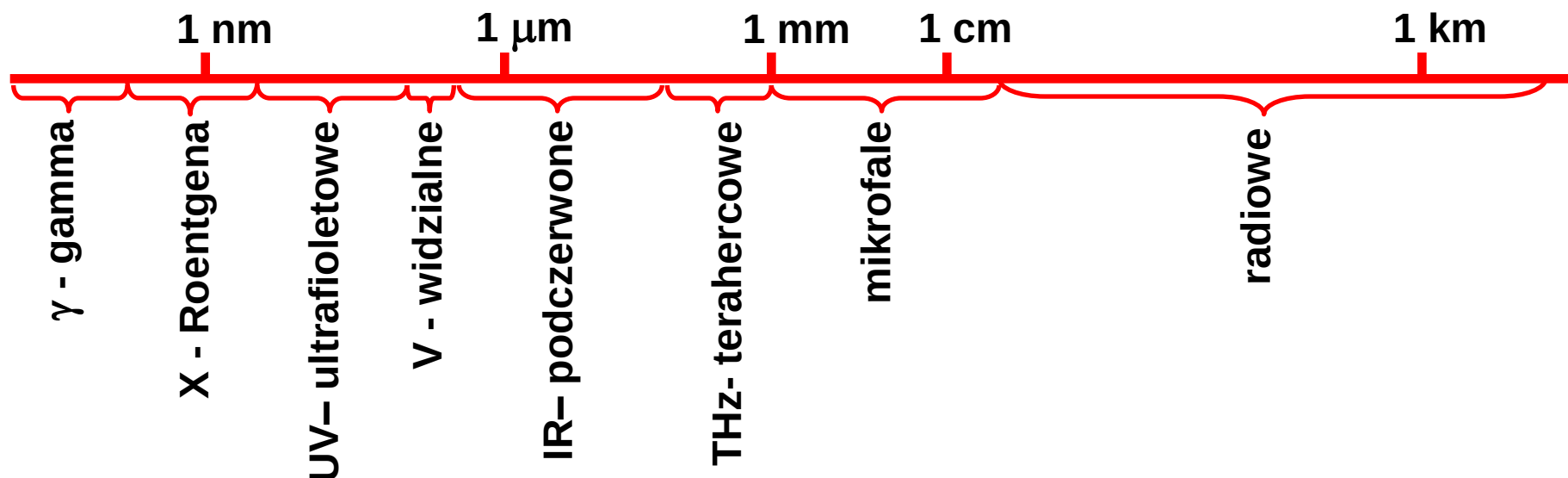
- Atomy łączą się w cząsteczki (*molecules*) od wody (H_2O) aż po białka i DNA



Rodzaje promieniowania

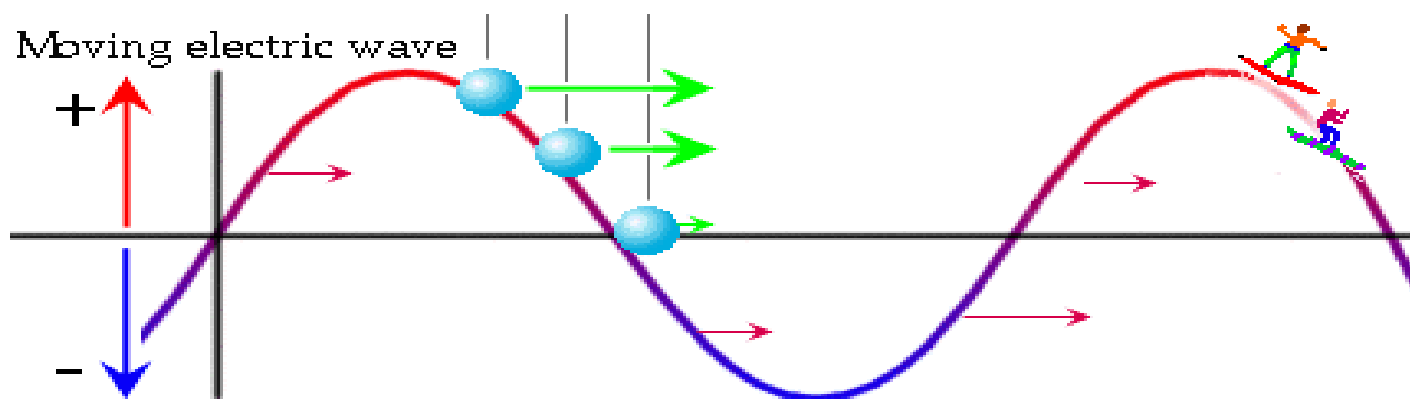
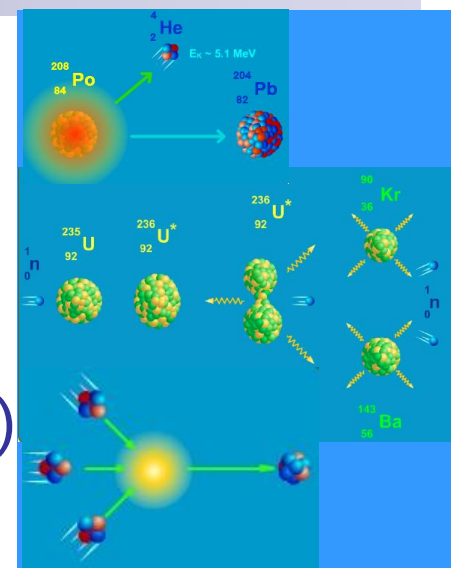
Materię badamy za pomocą różnego rodzaju promieniowania (strumieni cząstek):

- elektronów i pozytonów (antyelektronów)
- neutronów, protonów, jąder atomowych
- jonów (atomów pozbawionych części elektronów)
- fotonów (promieniowania elektromagnetycznego):



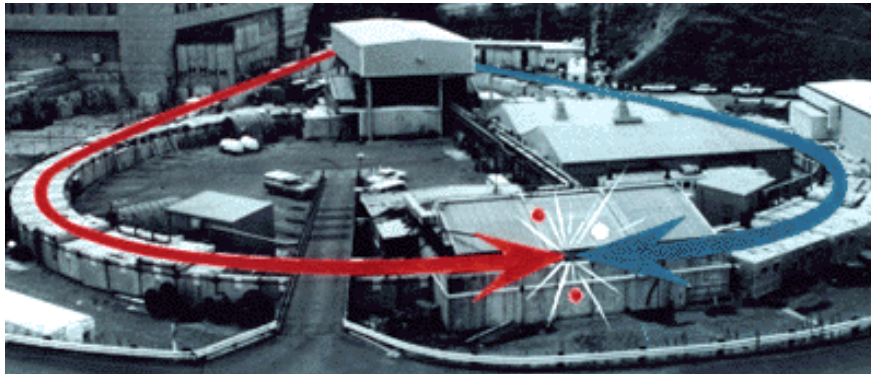
Intensywne źródła promieniowania

- **Radioizotopy** (źródła promieniotwórcze):
rozpad nietrwałych jąder atomowych
- **Reaktory jądrowe:**
rozbijanie ciężkich jąder atomowych
- **Reaktory termojądrowe** (tokamaki i stellaratory):
łączenie (fuzja) lekkich jąder atomowych
- **Akceleratorzy:**
przyspieszanie cząstek w polu elektrycznym,
np. „surfing” na fali elektromagnetycznej

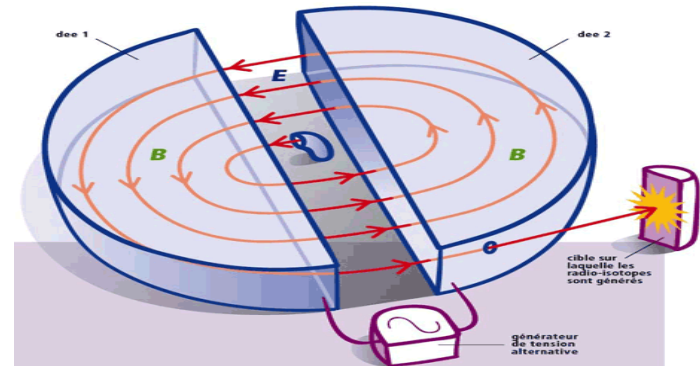


Wykorzystanie akceleratorów

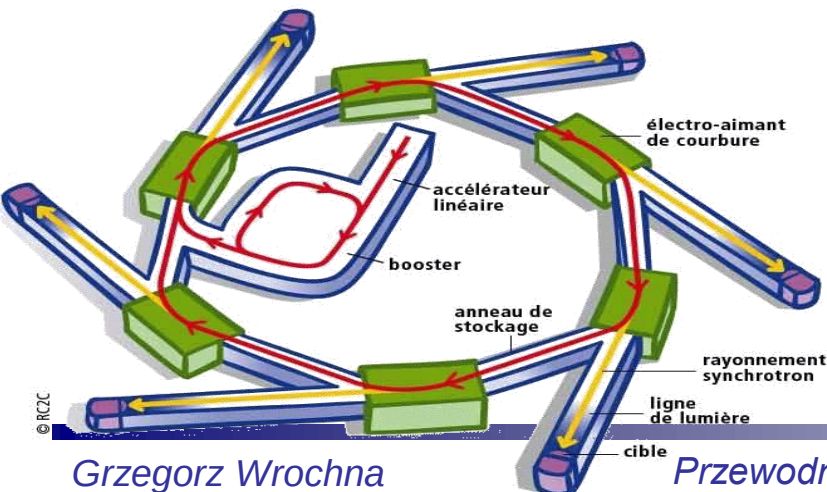
Zderzacz – zderzenia przeciwbieżnych wiązek produkują nowe cząstki



Cyklotron - rozpędzone protony lub jony uderzają w tarczę/tkanę

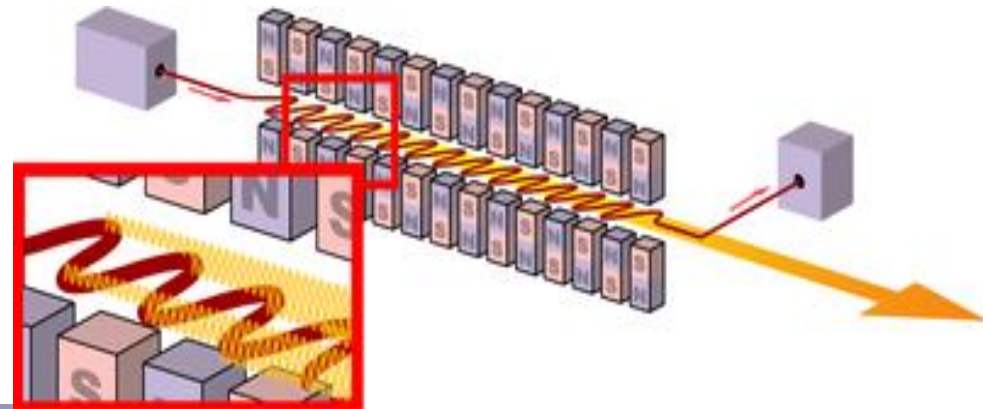


Synchrotron - elektrony na zakrętach emitują fotony
jak ciężarówki gubiące kamienie



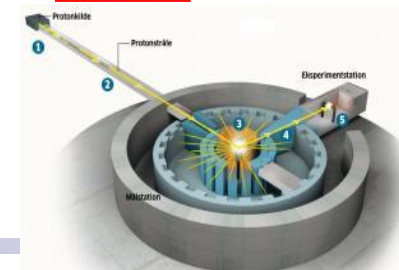
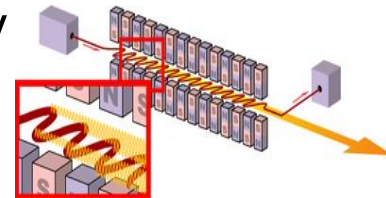
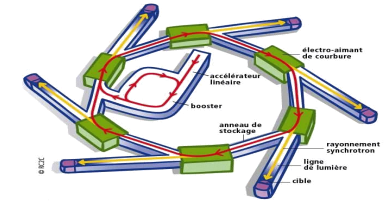
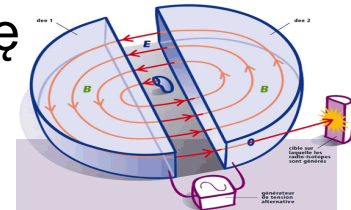
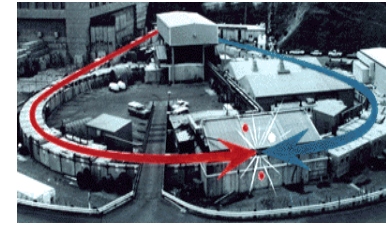
Laser na swobodnych elektronach

Elektrony biegnące slalomem w polu magnetycznym emitują fotony



Zastosowania akceleratorów

- **Zderzacze** – zderzenia wiązek przeciwbieżnych
 - badanie własności jąder atomowych (FAIR)
 - badanie oddziaływań i cząstek elementarnych (LHC)
- **Cyklotrony** – rozpędzone cząstki uderzają w tarczę/tkanę
 - produkcja radioizotopów m.in. dla medycyny (ŚLCJ)
 - radioterapia hadronowa (IFJ PAN)
- **Synchrotrony** – elektrony na zakrętach emitują fotony
 - wytwarzanie intensywnego promieniowania UV, X i γ do badań materiałów i tkanek (UJ, SFR w Grenoble)
- **Lasery na swobodnych elektronach** (*Free-Electron Lasers*)
 - elektrony biegnące slalomem w polu mag. emitują fotony
 - prom. THz, V, UV i X do badań materiałów i tkanek, 100 000× silniejsze niż synchrotron (XFEL, PoIFEL)
- **Źródła neutronów** – protony lub jony uderzają w tarczę wywołując reakcje jądrowe produkujące neutrony
 - do badań materiałowych (ESS – European Spallation Source, IFMIF, ENS – Early Neutron Source)

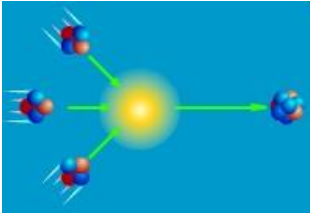


Rodzaje reaktorów jądrowych

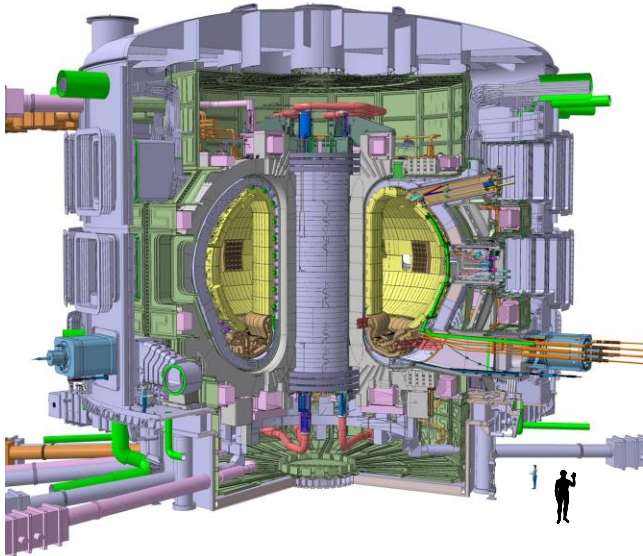
- **Badawcze** – 0-50 MW (Maria, JHR)
- **II generacji** – 50-1000 MW
 - zwykle chłodzone wodą, projektowane do 1990 r.
- **III generacji** – 1000-1600 MW (EPR, AP1000, ABWR, ...)
 - zwykle chłodzone wodą, projektowane po 1990 r.
- **IV generacji** – komercyjnie dostępne po 2040 r.
 - wysokotemperaturowe (HTR) do produkcji ciepła, chłodzone helem
 - prędkie (z szybkimi neutronami) do powtórnego wykorzystania paliwa (mniej odpadów)
 - chłodzone ciekłym sodem (ASTRID)
 - ciekłym ołowiem (MYRRHA, ALFRED)
 - lub gazowym helem (ALLEGRO)
- **SMR (małe reaktory modułowe)** – 10-300 MW
 - do odległych obszarów, produkcji ciepła itp.

Reaktory termojądrowe

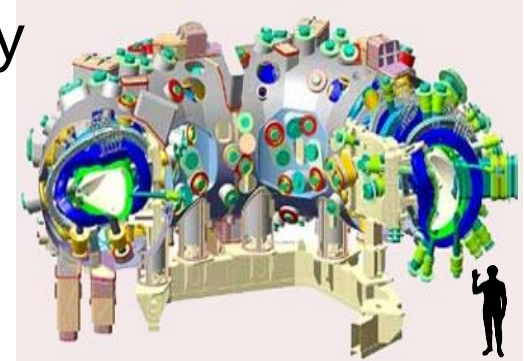
Wykorzystują energię fuzji (łączenia) lekkich jąder



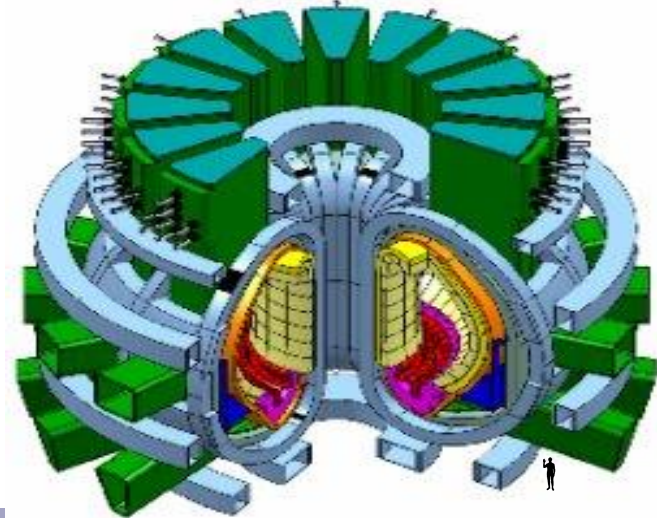
ITER (tokamak), 10 mld €
Cadarache, start w 2020?
cel: dodatni bilans energii



Wendelstein-7X (stellarator)
Greifswald, start w 2014,
badawczy



DEMO (tokamak), 2040?
cel: produkcja energii elektr.

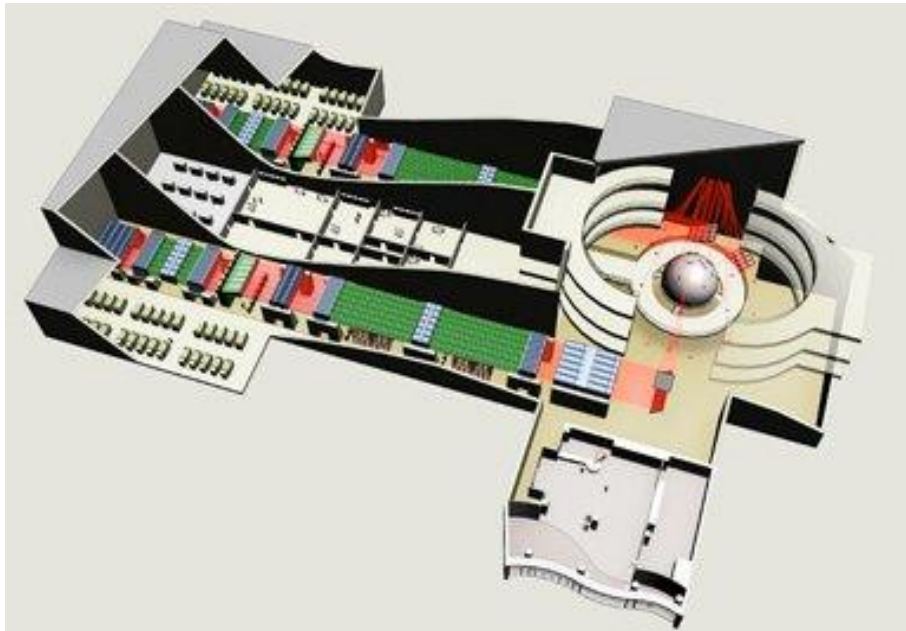


Lasery wielkiej mocy

W laserach konwencjonalnych fotony emitowane są przez elektrony uwięzione w atomach (a nie swobodne, jak w laserach FEL)

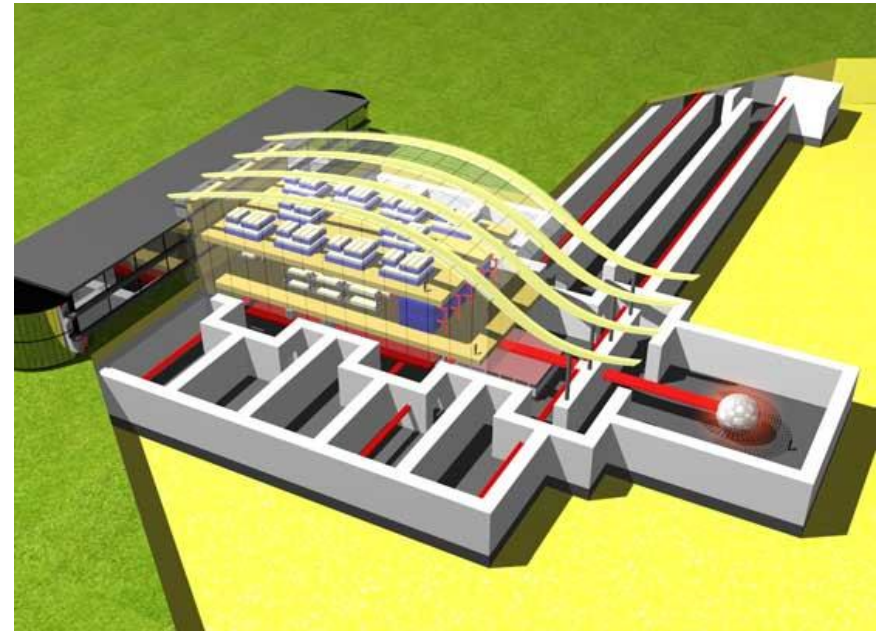
HIPER: 500 mln €,
start w 2028

System laserów wielkiej mocy
do reakcji termojądrowych
Wielka Brytania



ELI: 700 mln €, start w 2015
Extreme Light Infrastructure

Lasery wielkiej mocy do badań
podstawowych i materiałowych
Czechy, Rumunia, Węgry



Obserwacje promieniowania z kosmosu

E-ELT: 1 mld €, 2021, średnica 40m
European Extreme Large Telescope
optyczne i podczerwone



CTA: 150 mln €, 2015
Cherenkov Telescope Array
gamma

rejestruje fotony Czerenkowa
z kaskad cząstek wywołanych
w atmosferze przez promienie
gamma z kosmosu

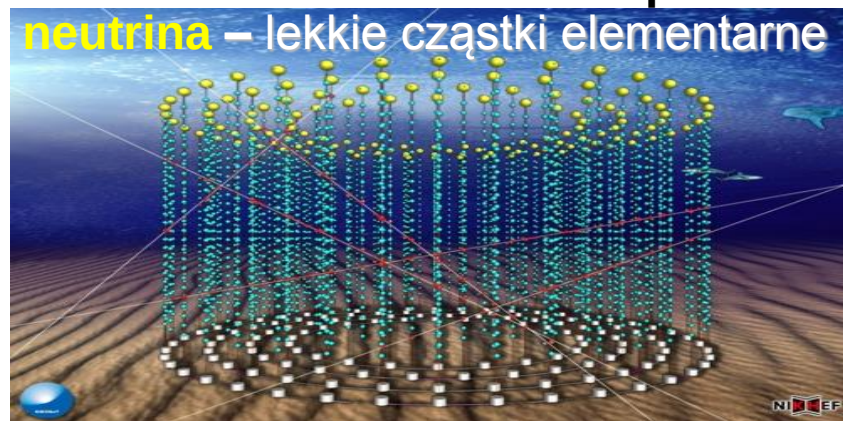


© G. Pérez, IAC (SMM)

SKA: 1.5 mld €, faza I: 2017, II: 2022
Square Km Array radiotelescope
radiowe



KM3Net: 220 mln €, 2014
Cubic Km Neutrino Telescope
neutrino – lekkie cząstki elementarne



Rejestruje fotony Czerenkowa z reakcji jądro-
wych wywołanych przez neutrino w wodzie

„drzewo genealogiczne”
urządzeń badawczych

