

# Accelerators and particle detectors around us

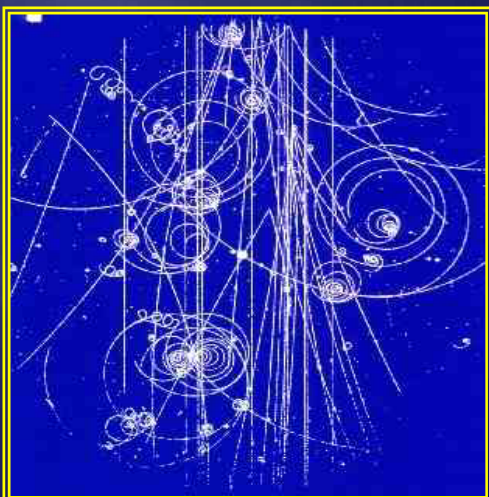
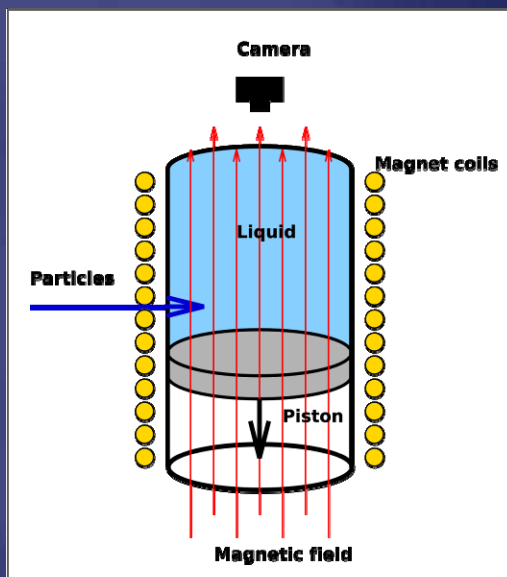
Akceleratorzy i detektory cząstek wokół nas



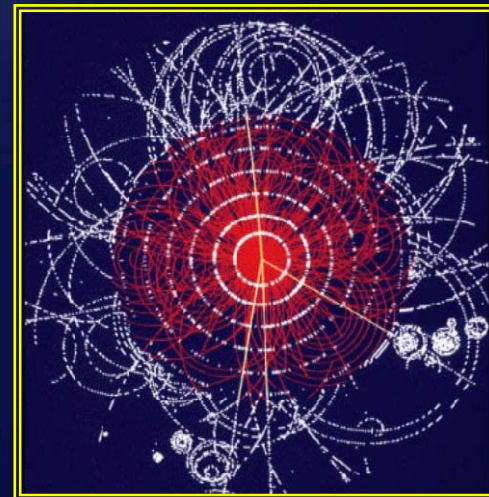
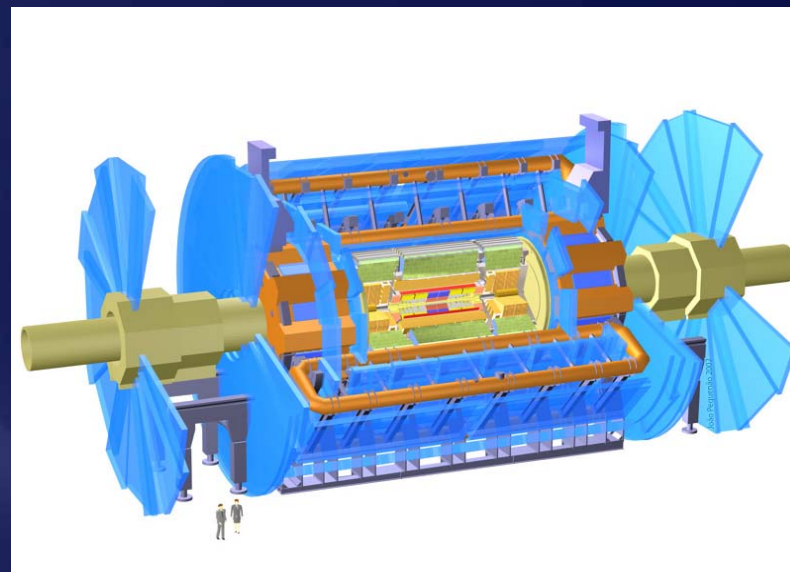
Sławomir Wronka, 19.11.2008r

# Detektory

Wczoraj

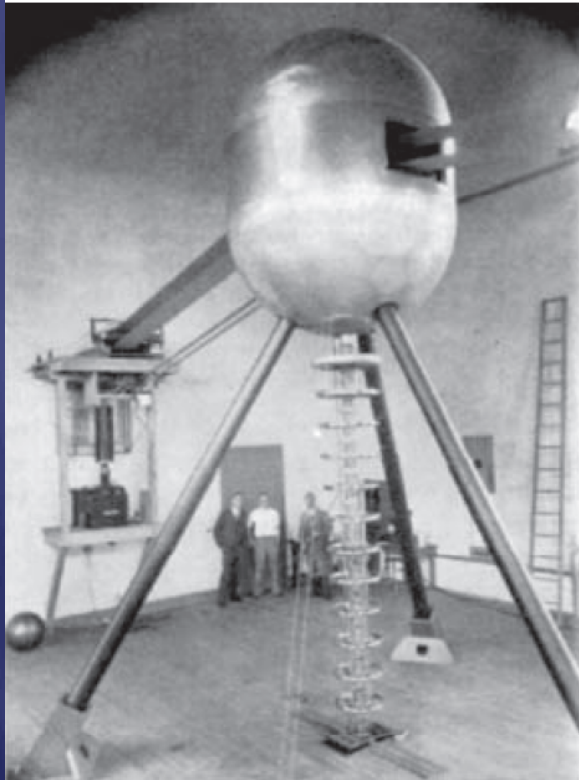


Dziś



# Akceleratorzy

Wczoraj

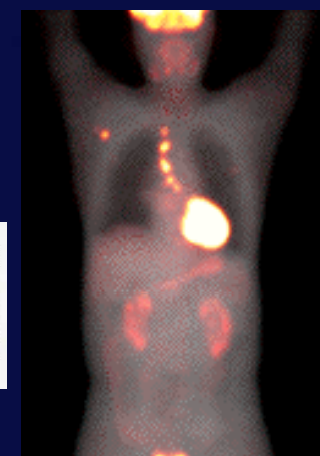
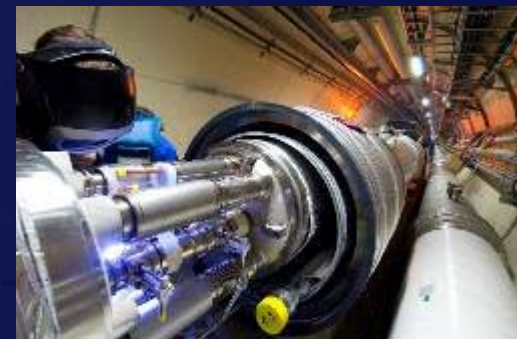


Dziś



# Gdzie znajdziemy akceleratory i detektory ?

- ▣ Badania naukowe
- ▣ Medycyna
- ▣ Przemysł
- ▣ Ochrona granic
- ▣ Archeologia
- ▣ Ochrona zabytków
- ▣ Ochrona środowiska
- ▣ ...



# Medycyna – oddzielny wykład

- ▣ Diagnostyka
- ▣ Sterylizacja sprzętu
- ▣ Terapia
  - Radioterapia „standardowa”
  - Radioterapia hadronowa
  - Wykorzystanie neutronów



# Sterylizacja

Sterylizacja radiacyjna materiałów jest prowadzona w celu zabicia drobnoustrojów i ich form przetrwalnikowych. Proces wykorzystuje silne właściwości bakteriobójcze promieniowania jonizującego.

# Sterylizacja

Główne zalety sterylizacji radiacyjnej to:

1. Prostota procedury
2. Realizacja wyjaławiania w temperaturze pokojowej
2. Szybkość operacji
3. Stosowanie całkowicie szczelnych opakowań
4. Nieobecność zanieczyszczeń po sterylizacji.



# Sterylizacja

- ▣ Sterylizacja radiacyjna nie wywołuje radioaktywności w napromieniowanym produkcie, jest więc pod tym względem całkowicie bezpieczna.
- ▣ Czynnikiem sterylizującym mogą być przyspieszone elektrony lub promieniowanie gamma. Oba źródła energii charakteryzują się wysoką efektywnością wyjaławiania.
- ▣ IChTJ jest ośrodkiem wykonującym sterylizację radiacyjną wysokoenergetycznymi elektronami.



# Napromienianie żywności

- ▣ Radiacyjna metoda konserwacji żywności



- ▣ Wiązka  $e^-$  max. 10MeV, fotony max. 5MeV.

# Napromienianie żywności

- ▣ Zapobieganie psuciu się żywności poprzez eliminację bakterii, pleśni, grzybów i pasożytów powodujących jej rozkład
- ▣ Eliminacja drobnoustrojów chorobotwórczych do poziomu zapewniającego bezpieczeństwo konsumpcji
- ▣ Przedłużenie okresu składowania świeżych owoców i warzyw poprzez hamowanie naturalnych procesów biologicznych - dojrzewania, kiełkowania itp.
- ▣ Niezastąpione w przypadku np. przypraw, suszonych warzyw - **eliminowanie konieczności stosowania chemicznych środków konserwujących.**

# Napromienianie żywności

- ▣ Prowadzone od wielu lat badania naukowe udowodniły, że poddana obróbce radiacyjnej żywność zachowuje wartość odżywcza oraz jest bezpieczna pod względem toksykologicznym i bakteriobójczym.
- ▣ Specjalny symbol



# Truskawki



**Non-irradiated**  
**After 7 days storage**



**Electron beam irradiated**  
**After 17 days storage**

▣ Cebulka



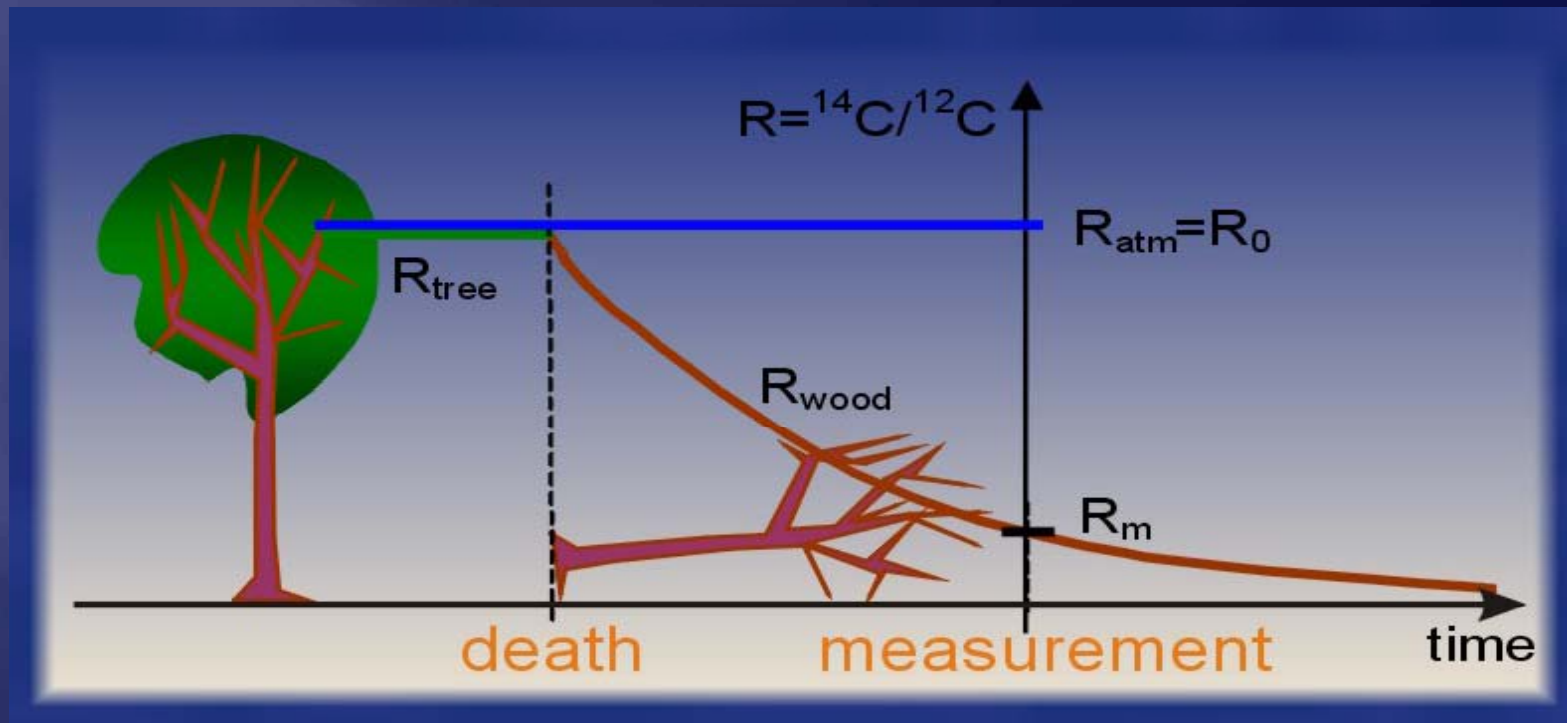
# Ale... są też wady:

- ▣ Poddawanie napromieniowaniu żywności zanieczyszczonej mikrobiologicznie i wprowadzanie jej do obrotu jako czystej i świeżej. Promieniowanie jonizujące, podobnie jak inne metody, zabija drobnoustroje, ale pozostawia ich toksyczne produkty przemiany materii.
- ▣ Poddawanie działaniu promieniowania jonizującego świeżych owoców i warzyw może być mylące dla konsumenta przy ocenianiu ich świeżości i stopnia dojrzałości.
- ▣ Wydłużanie trwałości i czasu przechowywania leży wyłącznie w interesie przedsiębiorcy, a nie konsumenta.
- ▣ **Dyskusja trwa ...**

# Accelerator Mass Spectroscopy

- ▣ **Radiowęgiel** jest popularną nazwą  $^{14}\text{C}$  - jedyne radioaktywnego izotopu węgla.
- ▣ Najważniejsze cechy różniące atomy  $^{14}\text{C}$  od zwykłych atomów węgla to: masa i radioaktywność.
- ▣ Choć w śladowych ilościach, radiowęgiel występuje powszechnie na Ziemi, dzięki produkcji przez promieniowanie kosmiczne.
- ▣ Okres połowicznego rozpadu  $^{14}\text{C}$  wynosi 5730 lat.

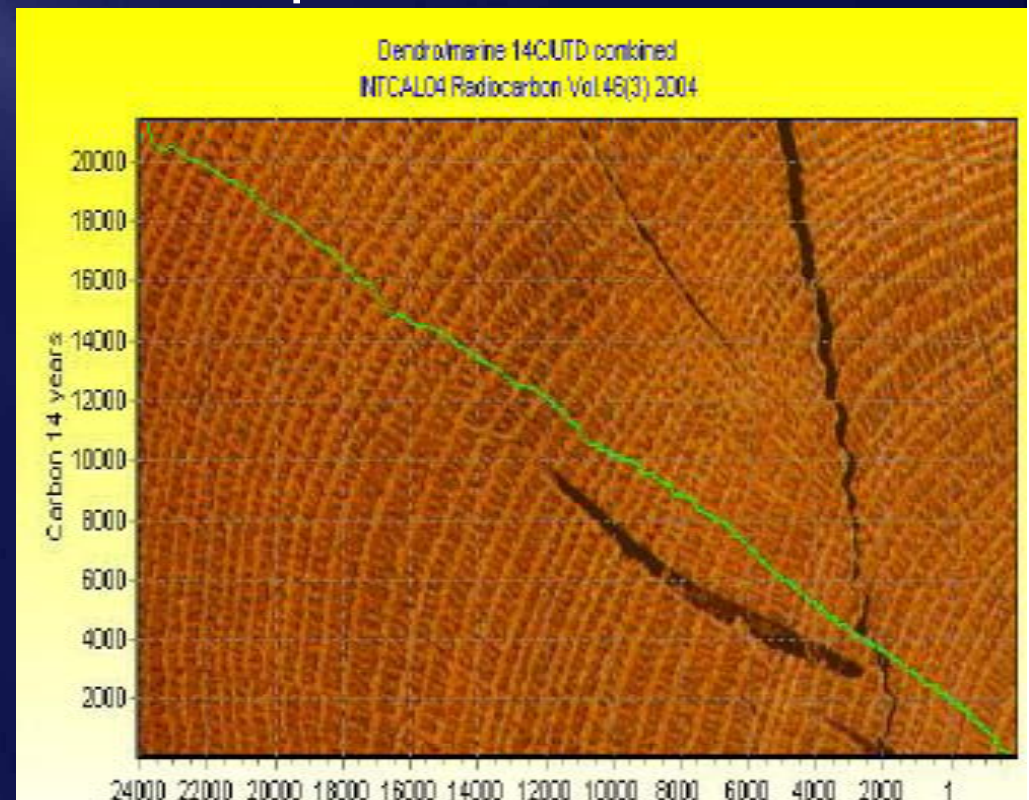
- Dzięki asymilacji z atmosfery, koncentracja  $^{14}\text{C}$  w żyjących organizmach lądowych jest stała ( $R_0$ ).



- Po obumarciu organizmu, ubytek  $^{14}\text{C}$  spowodowany rozpadem promieniotwórczym nie jest dłużej równoważony i ilość  $^{14}\text{C}$  zaczyna maleć.



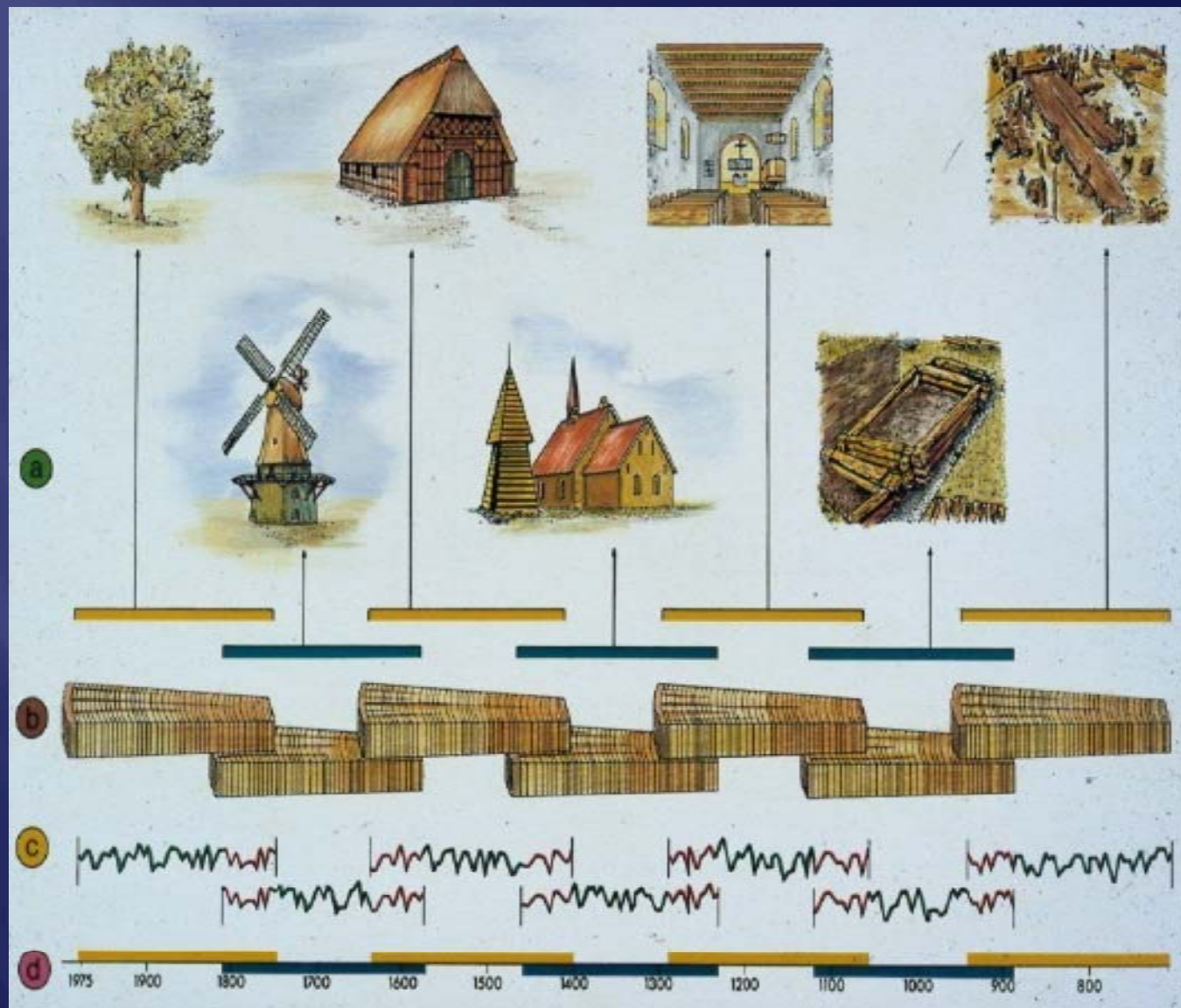
- ▣ Porównanie stosunków  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  w próbce obumarłej materii organicznej ( $R_m$ ) i w atmosferze pozwala na określenie wieku radiowęglowego.
- ▣ Ma on sens czasu, jaki upłynął od momentu obumarcia organizmu do chwili pomiaru.
- ▣ Z uwagi na fluktuacje „naturalnej” zawartości  $^{14}\text{C}$  w ciągu wieków stosuje się krzywą kalibracyjną:



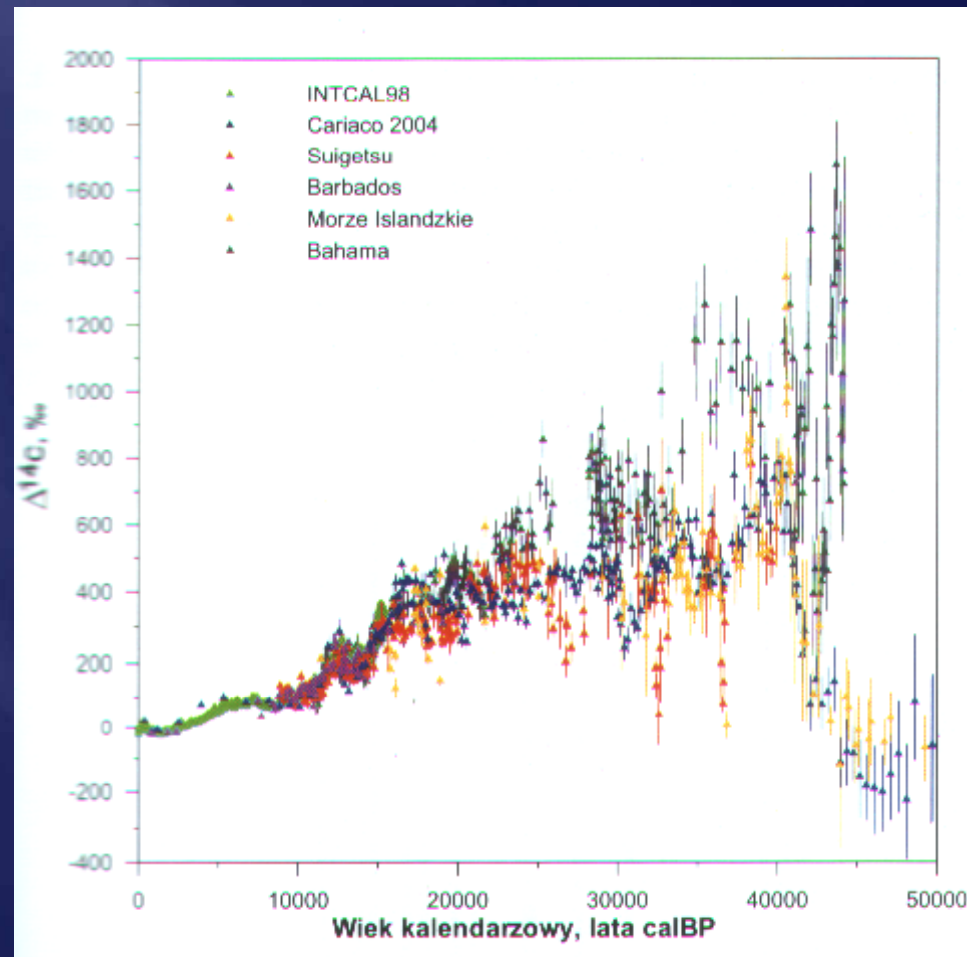
# Znane „poprawki”

- ▣ Przemysłowa
  - ▣ Na wybuchy termojądrowe
  - ▣ Na leżenie w wodzie
  - ▣ ...
- 
- ▣ Krzywa kalibracyjna uzyskiwana z drzew

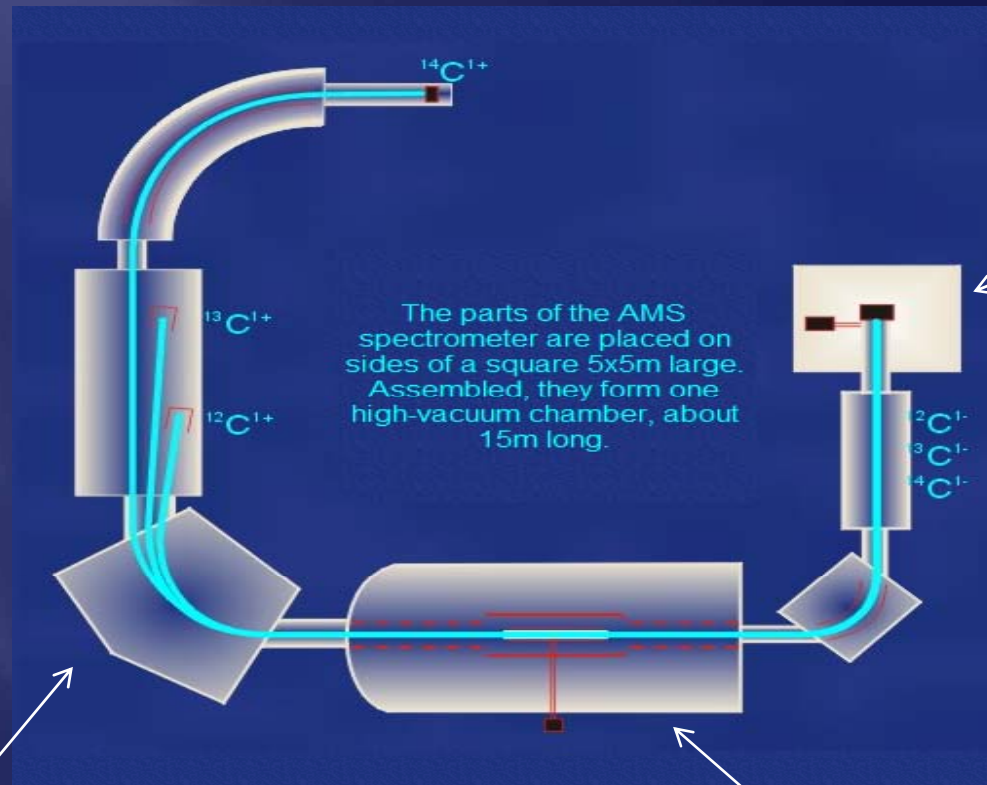




# Względne naturalne zmiany koncentracji izotopu $^{14}\text{C}$ w atmosferze



# Jak mierzymy ?



Źródło /próbka/

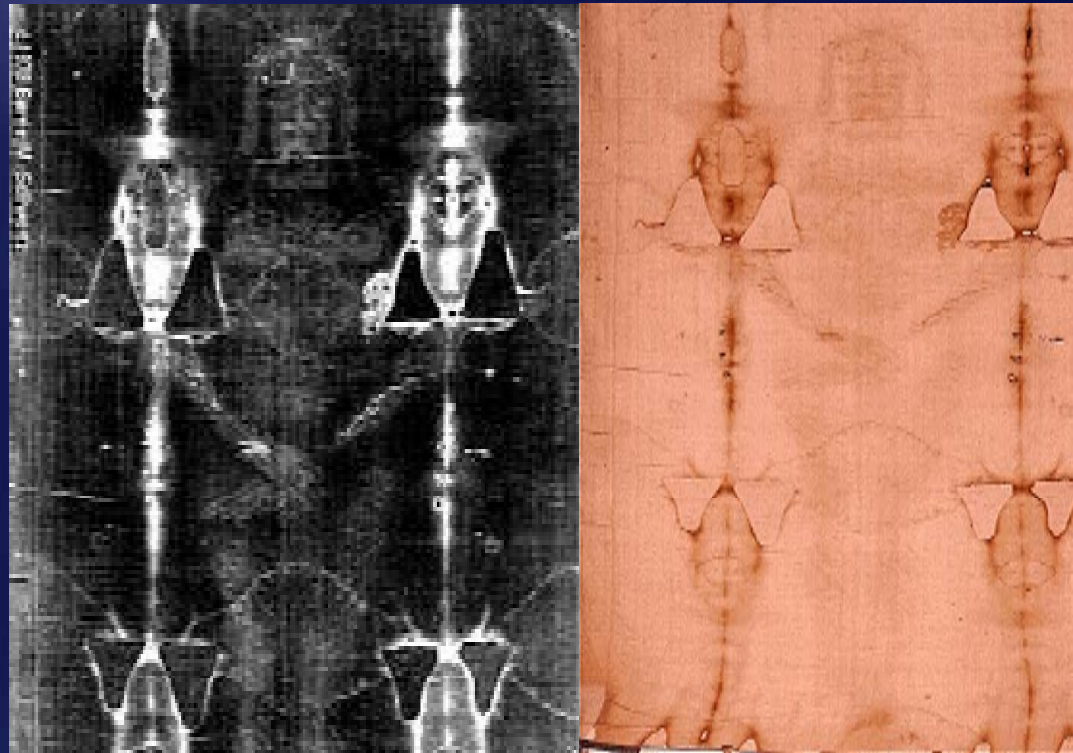
Magnes analizujący

Akcelerator

Poznańskie Laboratorium Radiowęglowe

## Najsłynniejsze zastosowania:

- ✓ Datowanie okresu działalności Człowieka z Alp Tyrolskich na 3120 –3350 B.C.
- ✓ Datowanie płótna Całunu Turyńskiego



- ▣ Pobór próbek 21.IV.1988
- ▣ wycięto wycinek (10 mm \* 70 mm)
- ▣ wycięta próba daleko od miejsca łąt i przepaleń
- ▣ z wycinka otrzymano trzy oddzielne próbki (~50mg) zapakowane w folie aluminiowe i umieszczone w trzech kontenerach pod okiem arcybiskupa Turynu
- ▣ analogicznie przygotowano i zapakowano po trzy próbki kontrolne z eksponatów muzealnych:
  - **Len z grobowca Qasr Ibrim w Nubii- odkryty w 1964 r.(szacowany na 11-12 wiek AD)**
  - **Len z mumii Kleopatry (110BC -75AD)**
  - **Lniane nici z kapy biskupiej z Bazyliki Saint Maximin z Vermont (1290 -1390 AD)**
- ▣ zestawy po cztery kontenery przekazano do laboratoriów
- ▣ wszystkie operacje przygotowywania prób dokumentowano na video i fotografowano
- ▣ laboratoria nie znały numeru pojemnika z próbką Całunu

# Wyniki

- ▣ Wynik datowania płótna Całunu turyńskiego metodą AMS: **1260 - 1390 AD**
- ▣ Próby kontrolne:
  - len z grobowca Qasr Ibrim w Nubii - (szacowany na 11-12 wiek AD) datowany na **1026 - 1160 AD**
  - len z mumii Kleopatry (110BC -75AD) datowany na **9BC - 78 AD**
  - lniane nici z kapy biskupiej z Bazyliki Saint Maximin z Vermont (1290 -1390 AD) datowane na **1263 - 1283 AD**



# A więc... falsyfikat ?

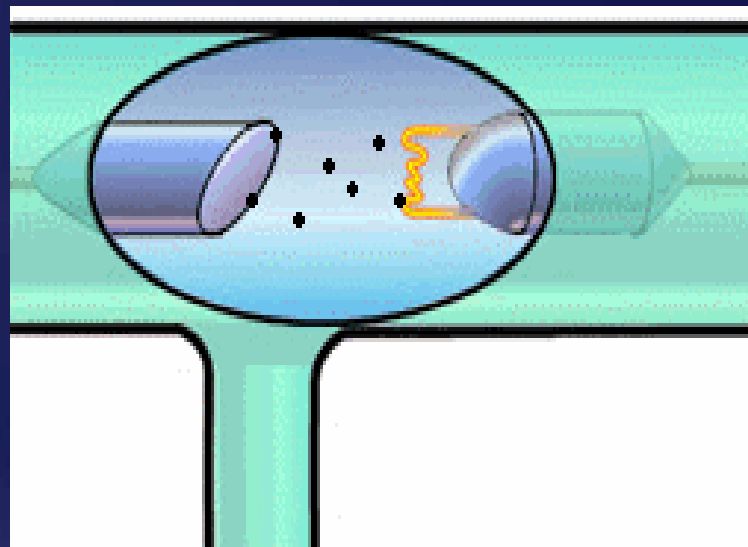
- ▣ Próbki kontrolne dość "sterylnych" warunkach - nie narażone na zanieczyszczenia
- ▣ Najbardziej narażone na zanieczyszczenia są tkaniny zbudowane z włókien o średnicy mikronów - ich powierzchnia wystawiona nadziałanie zanieczyszczeń jest olbrzymia
- ▣ Materiały lniane poddane wysokim temperaturom w obecności wody, dwutlenku i tlenku węgla wchłaniają młodszy węgiel - praktycznie materiał jest "odmładzany"

Raymond Rogers: „Badania próbek Całunu Turyńskiego poddanych testowi na węgiel C14”, „Thermochimica acta” (vol. 425 issues 1-2) 20.01.2005r. :

„Badania pyrolitycznym spektrometrem masowym oraz obserwacja mikroskopowa i badania mikrochemiczne wykazały, że próbka poddana testowi węglowemu **nie była częścią oryginalnego płótna Całunu**. Wynik próby węglowej nie określił zatem prawdziwego wieku Całunu Turyńskiego”.



**Wilhelm Conrad  
Röntgen (1845-1923)**



***Promieniowanie X***  
***Jedno z największych osiągnięć  
dla medycyny***



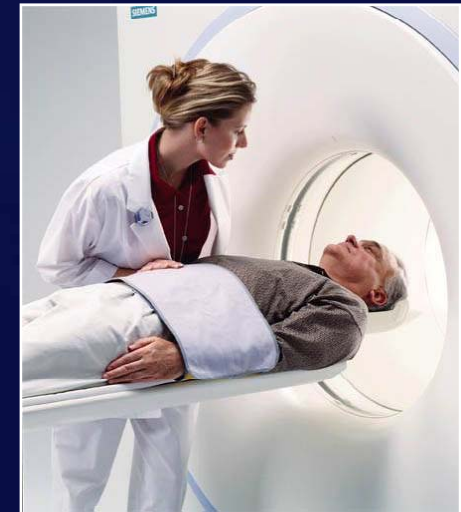
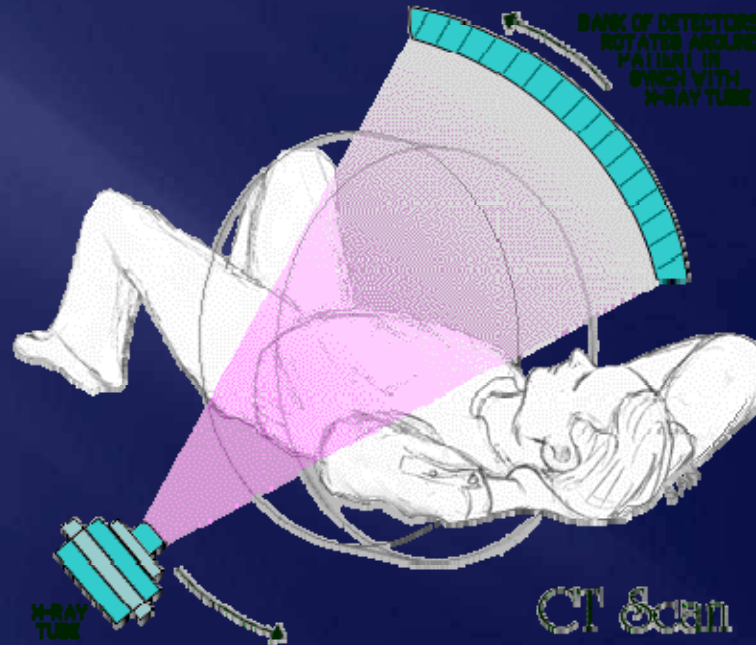
***Bertha Röntgen  
8 Nov, 1895***



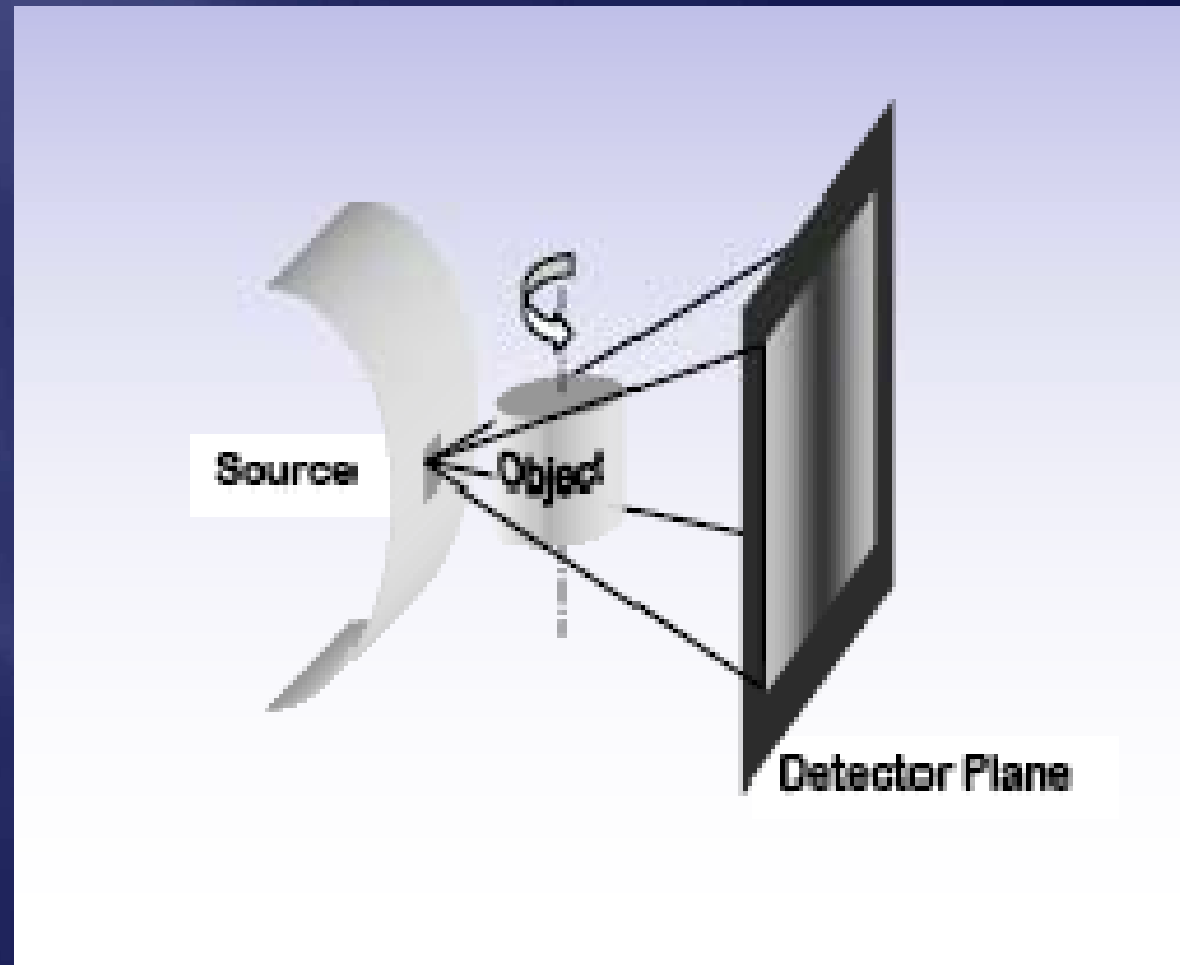
***Zdjęcie  
współczesne***

From D. Robin

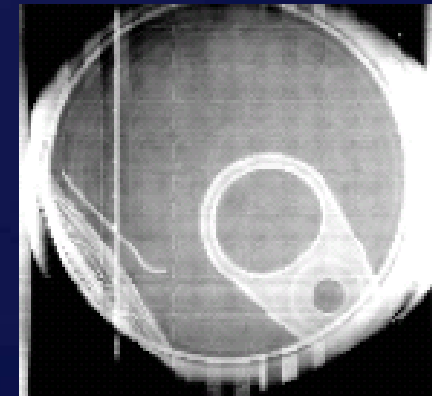
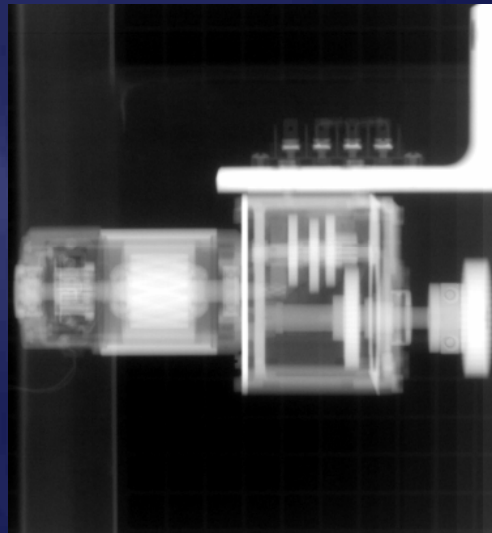
# Tomografia komputerowa - CT



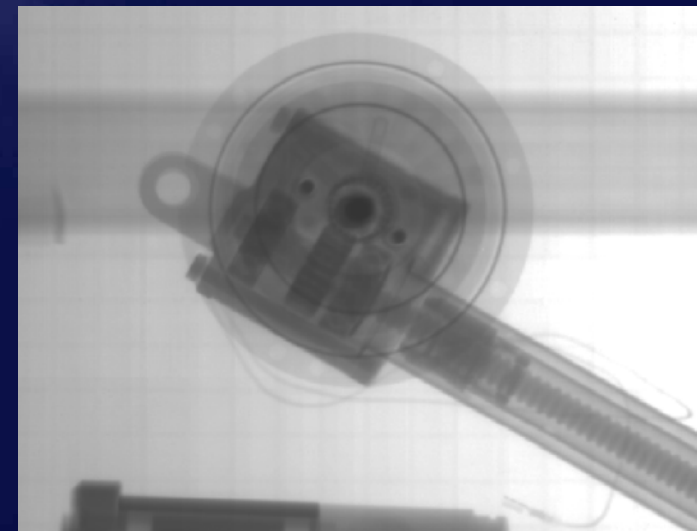
# Radiografia /radioskopia/



# Radiografia X – akceleratorzy e<sup>-</sup> do ~15 MeV



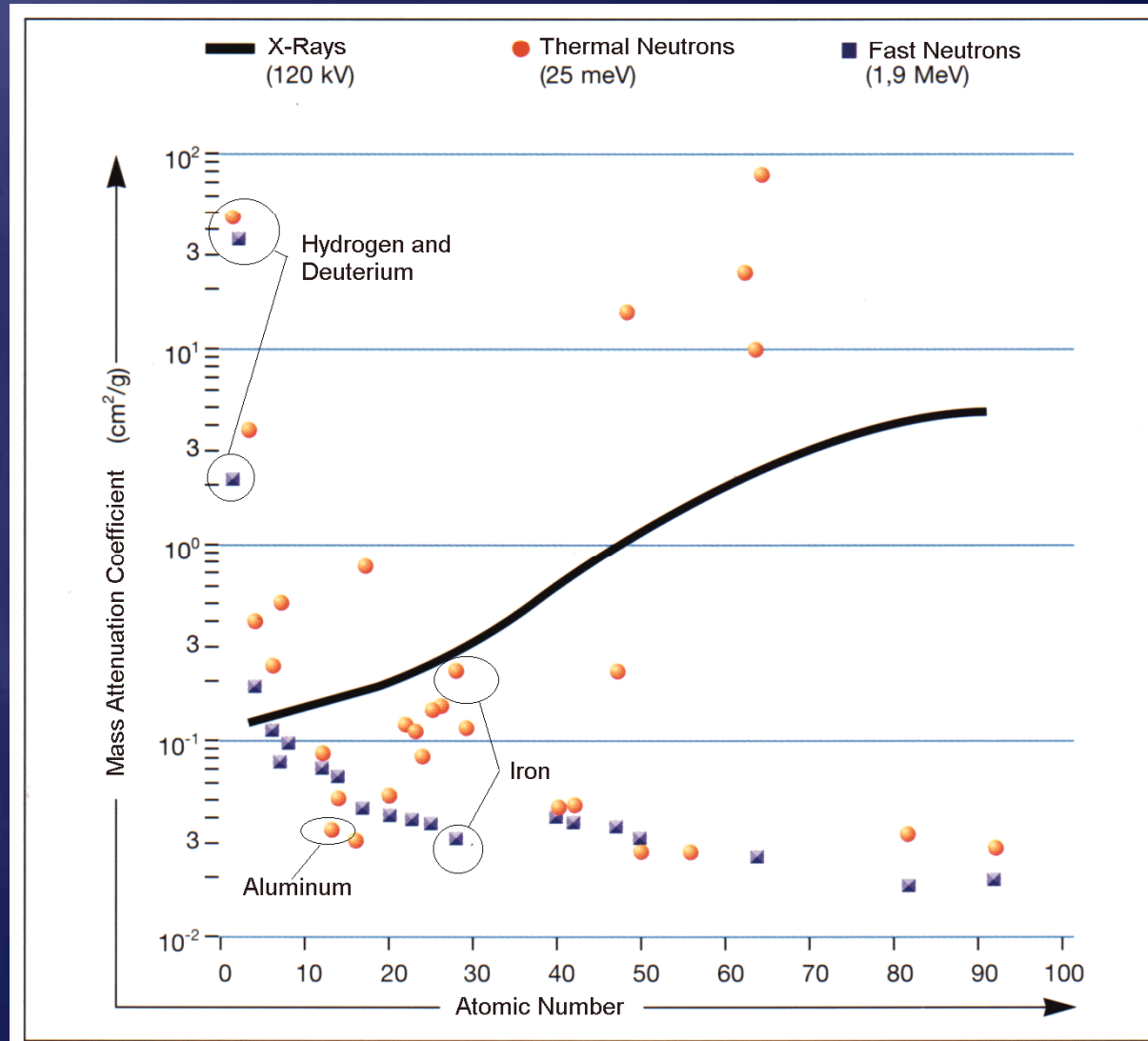
[www.bioscan.ch](http://www.bioscan.ch)



2008-11-19

dr Sławomir Wronka, IPJ

# X vs neutrons



# Radiografia neutronowa





# Przykład

B. Schillinger TUM

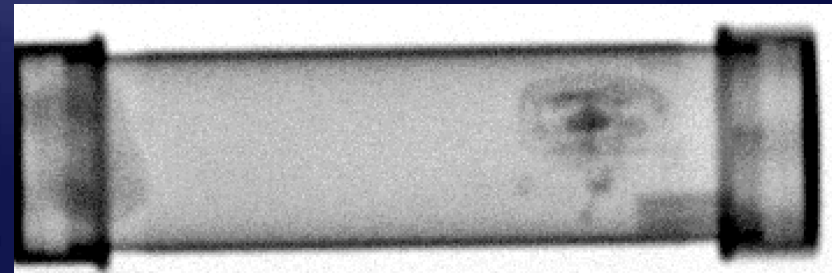
obiekt



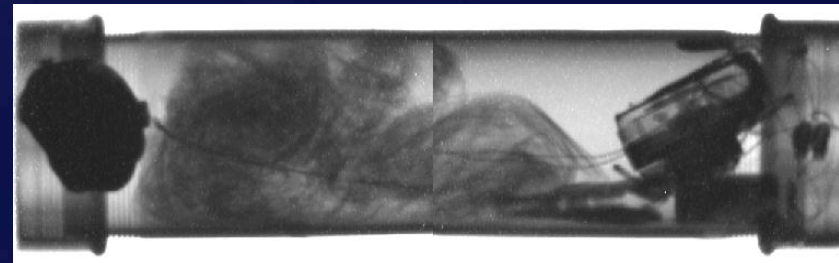
*promienie X - 150 keV*



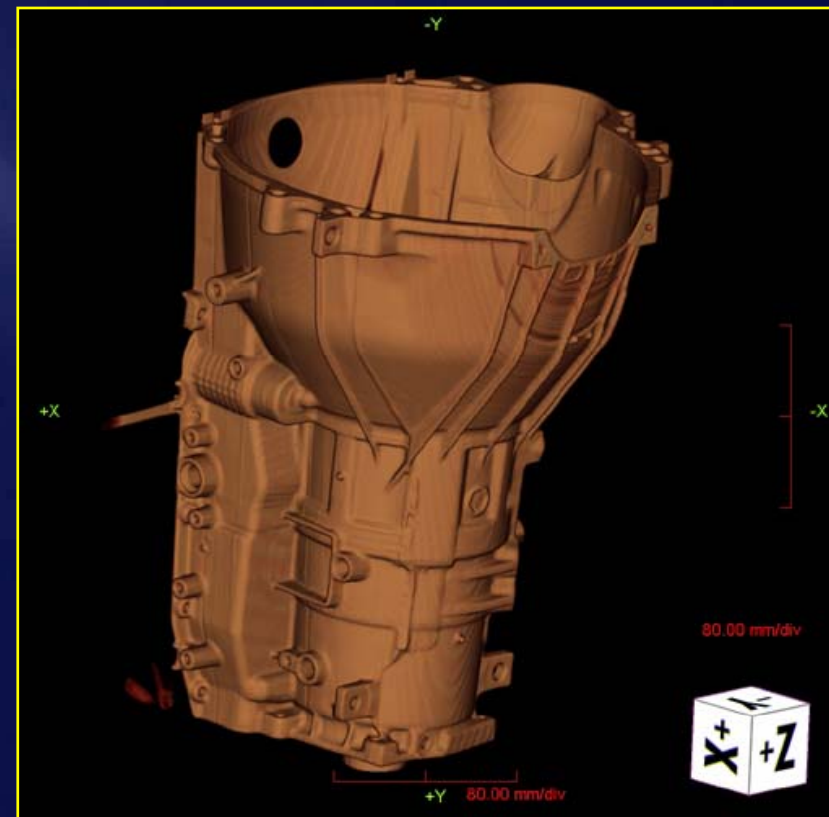
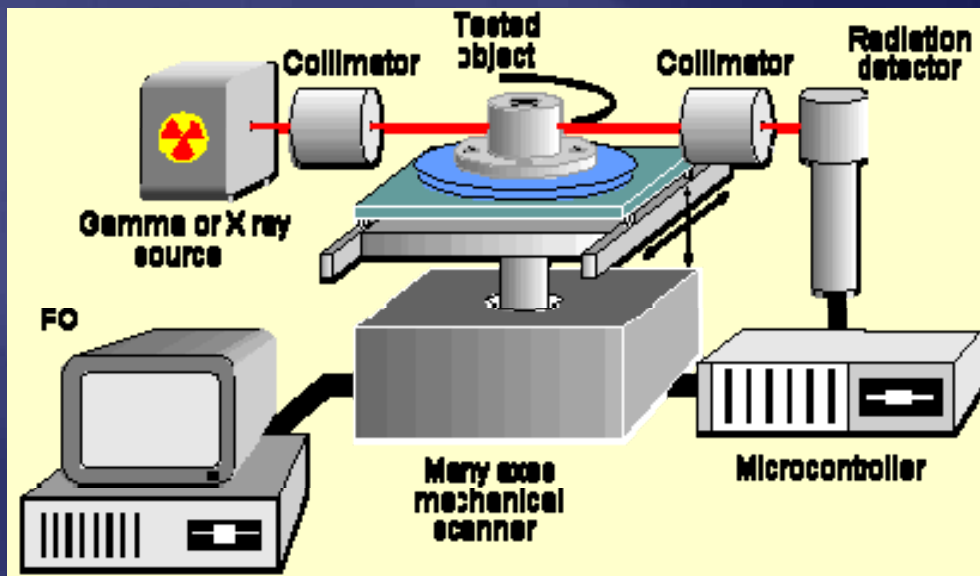
*promienie  $\gamma$  - 1.25 MeV*



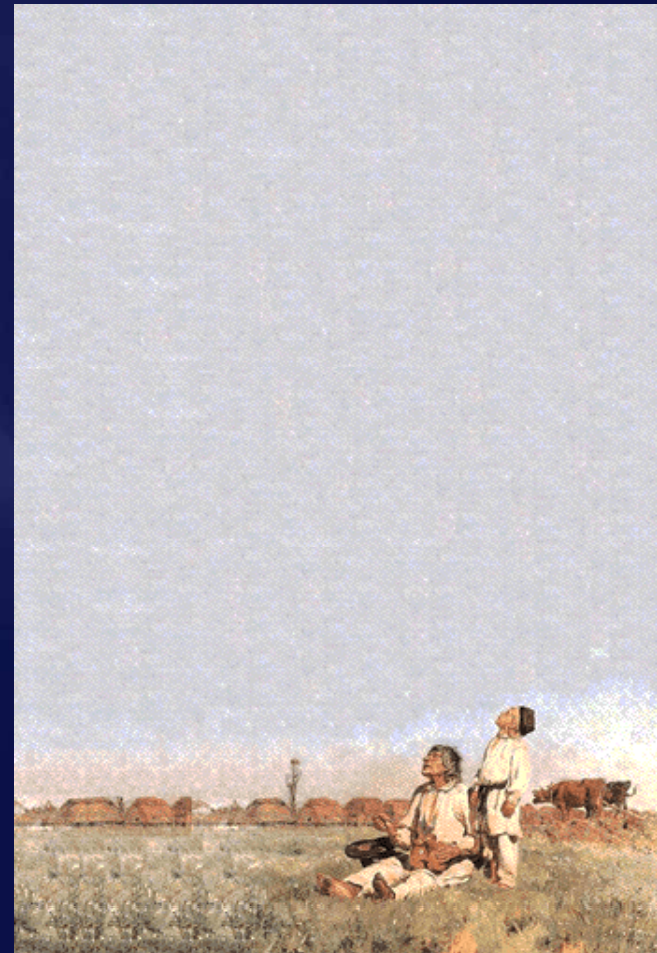
*neutrony termiczne*



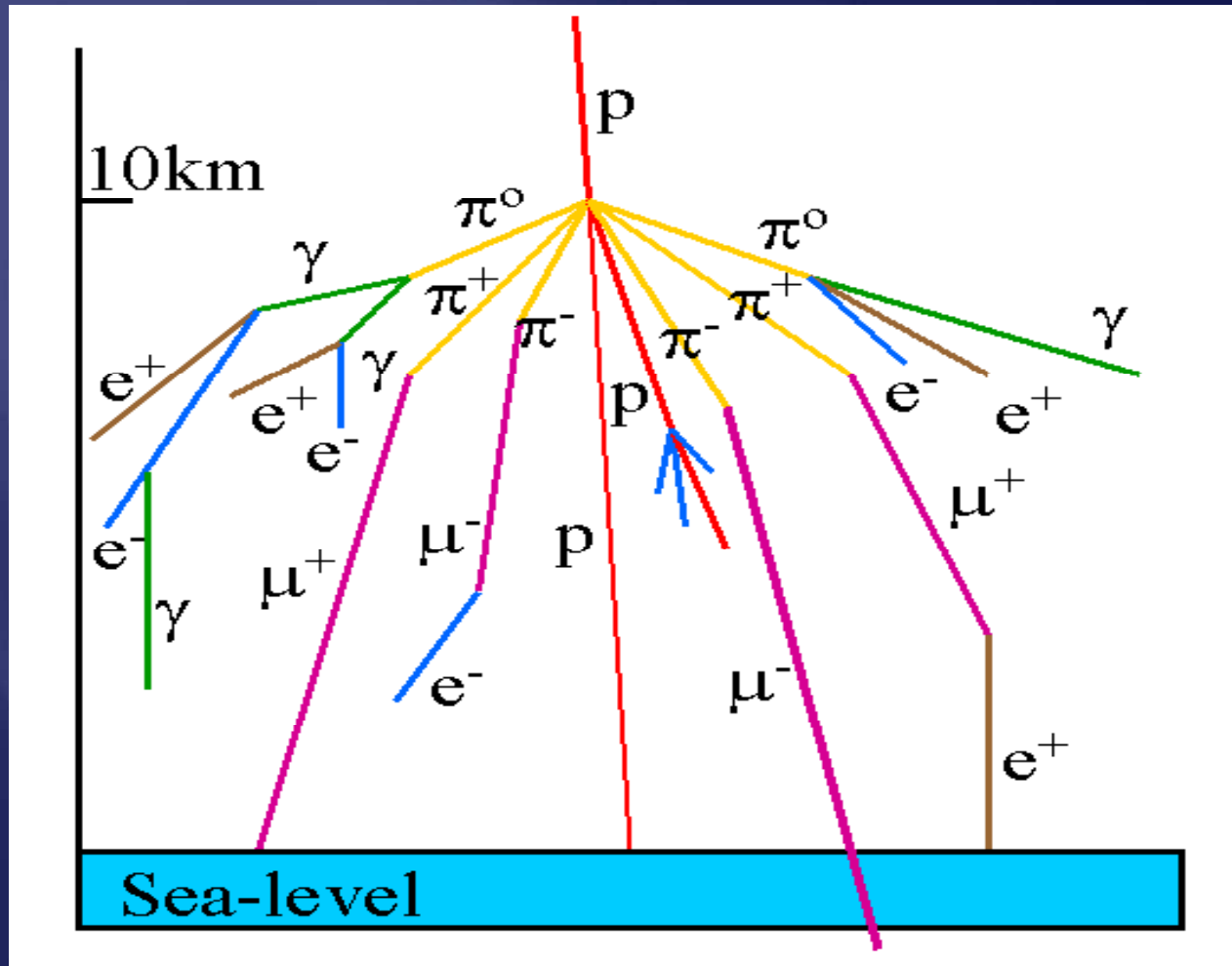
# Krok do przodu – tomografia przemysłowa



# Radiografia mionami i neutrinami

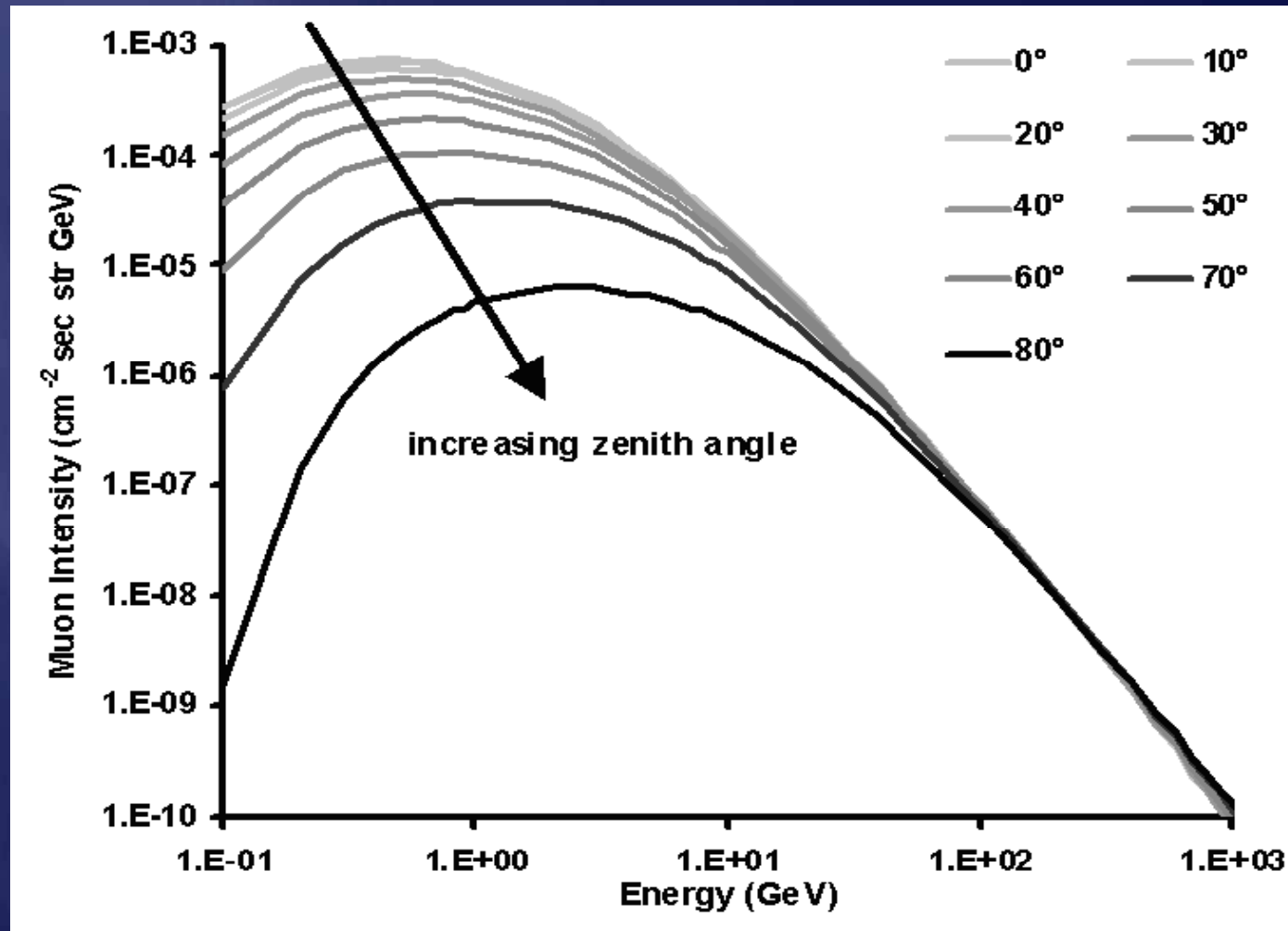


# Deszcz promieniowania kosmicznego

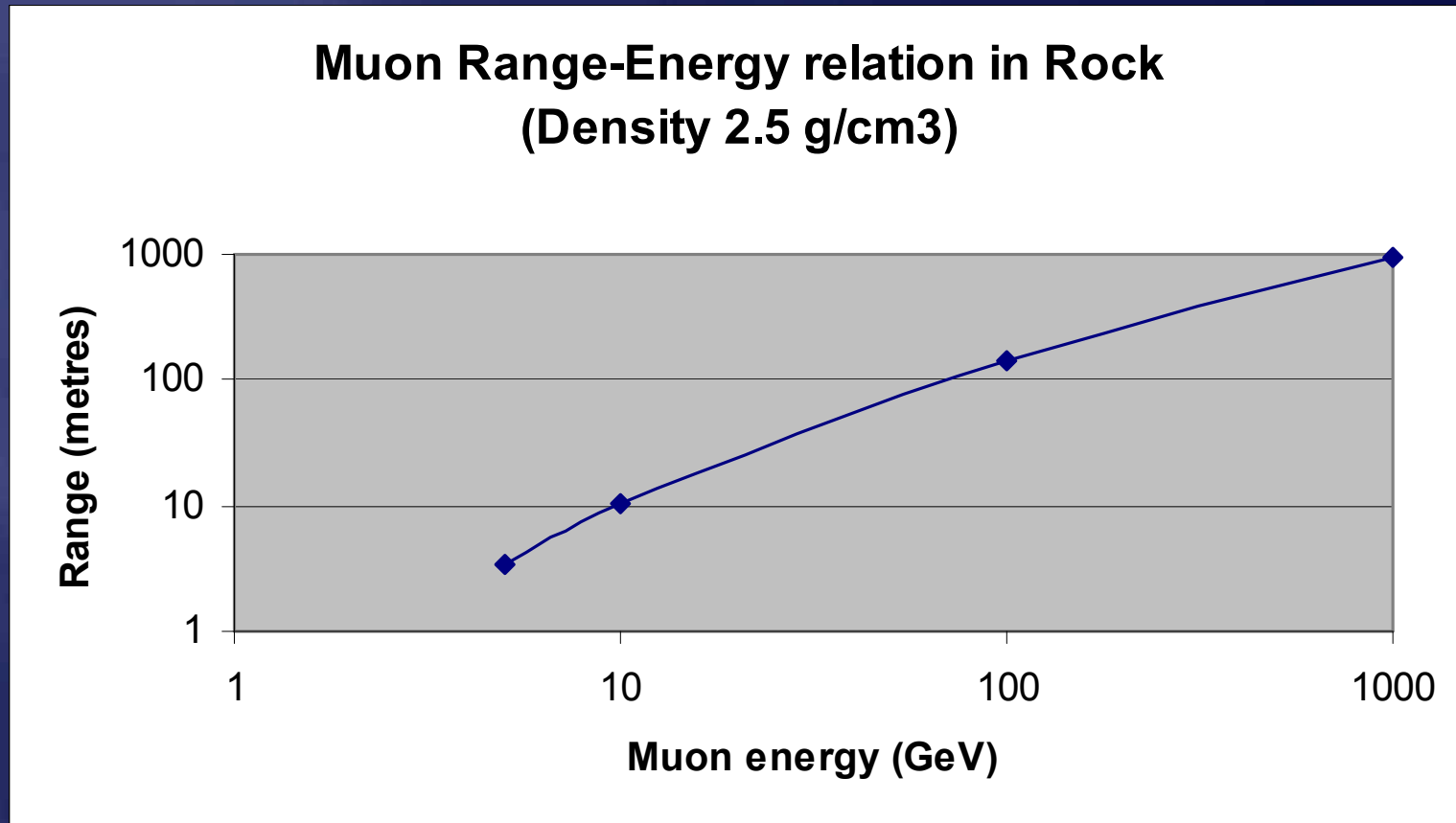


Sea level muon intensity  
 $10,000 \text{ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$

# Cosmic Ray Muon Spectra

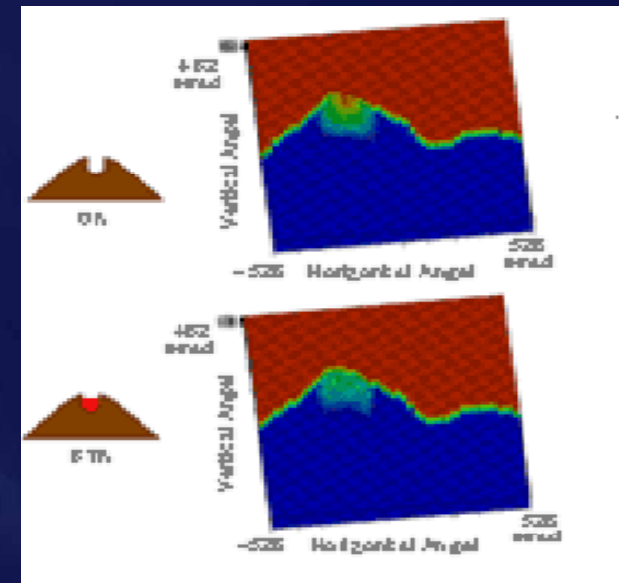
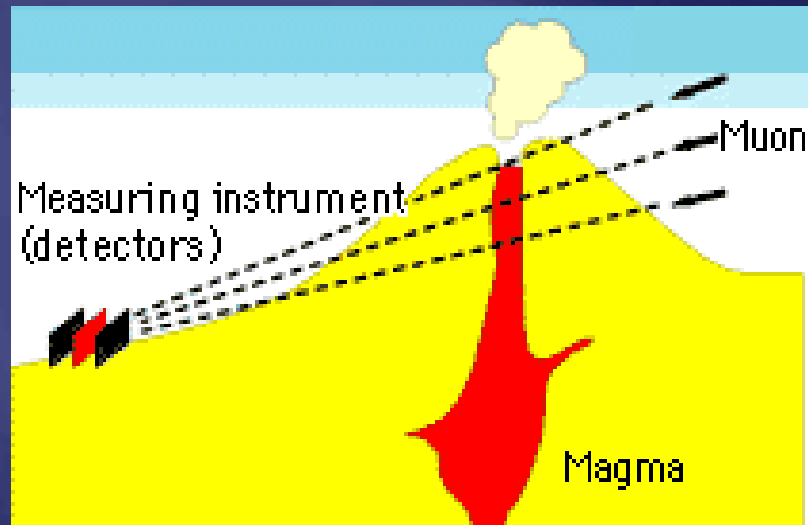


# Muon Range versus Energy



Walter Gilboy, Paul Jenneson, Stefaan Simons, Steven Stanley, Dominic Rhodes

# Radiografia mionowa aktywnego wulkanu



**Mt. Asama**

**Mt. Iwate – Japonia**

# Czy to bajka ?



Lata '60 – seria eksperymentów  
w poszukiwaniu „ukrytych  
komnat” w piramidzie Chefrena  
(Giza, Egipt).



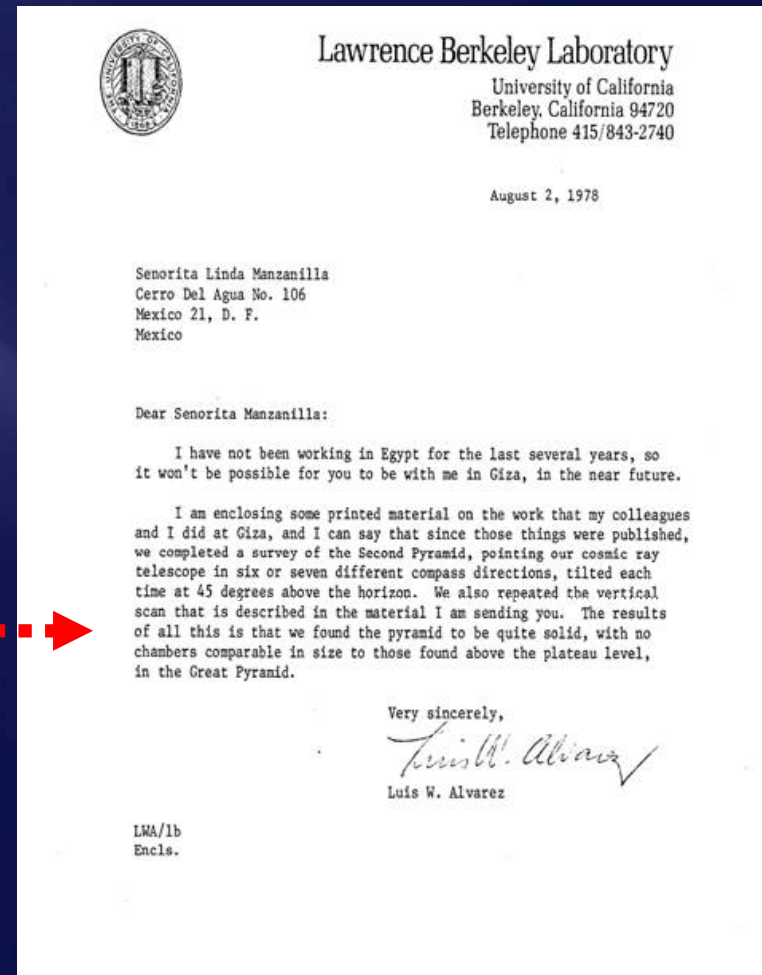
# Metoda

- ▣ Miony przechodząc przez „pustą” komorę tracą oczywiście mniej energii.
- ▣ Detektor „pod spodem” powinien zaobserwować różnicę wskazań, jeżeli nad nim znajduje się ukryta komora.



# The Alvarez Experiment: Final results of the project

- Alvarez wrote that “the results of all this is that we found the pyramid to be quite solid, with no chambers comparable in size to those found above the plateau level, in the Great Pyramid.”



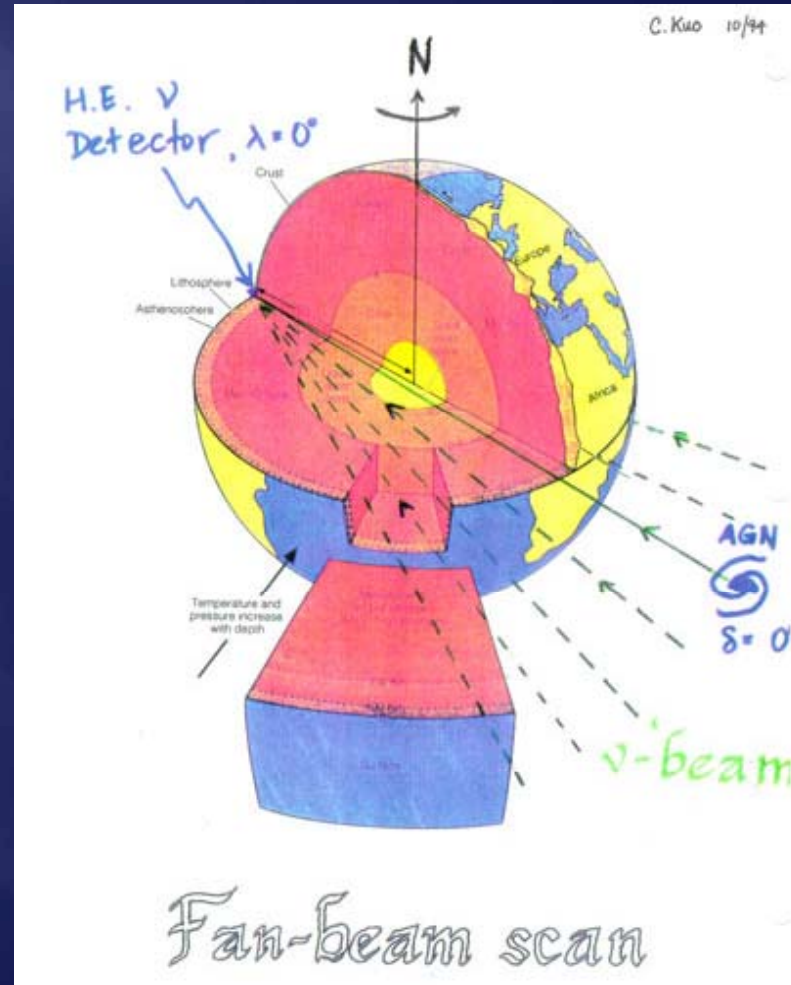
# Badania są kontynuowane



Teotihuacan, Meksyk.  
Piramida Słońca.

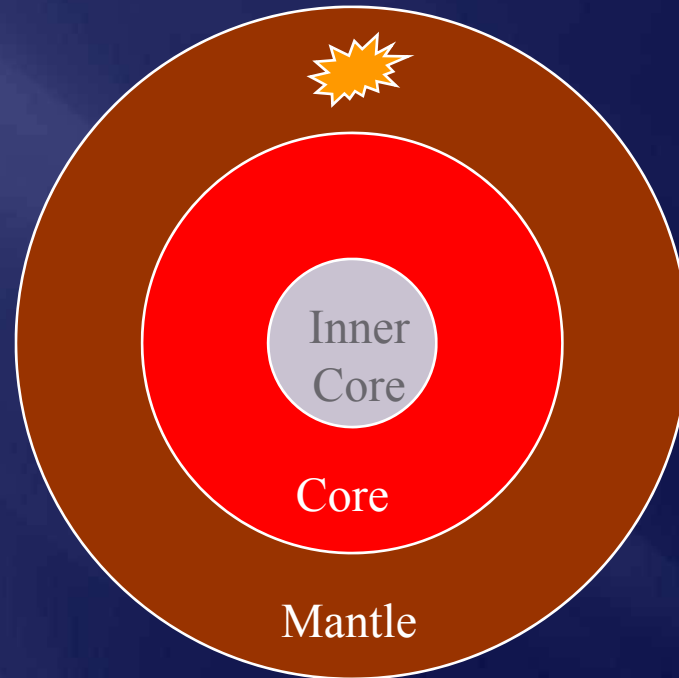
Mieszkańcy opuścili miasto z nieznanych powodów ~700r, odkryte przez Azteków ~1300r. Detektory mionów pozwolą na wykonanie obrazów 3D wewnętrznej struktury piramidy.

# Tomografia neutrinowa !



<http://aether.lbl.gov/www/projects/neutrino/tomo/KUOC-TOMOGRAPHY-m.JPG>

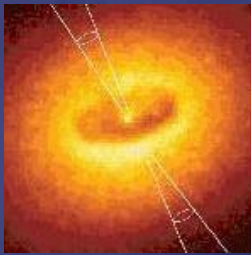
# Tomografia neutrinowa



- ▣ Neutrino oscillation tomography (NOT)
- ▣ Neutrino absorption tomography (NAT)

# Neutrino absorption tomography (NAT)

Neutrino source



- Atmospheric
- Cosmic
- TeV neutrino beam?

Neutrino propagation



- Weak interactions damp initial flux by absorption/ deflection/ regeneration
  - Integrated effect leads to attenuation (different for muon and tau neutrinos)
- Depends on nucleon density

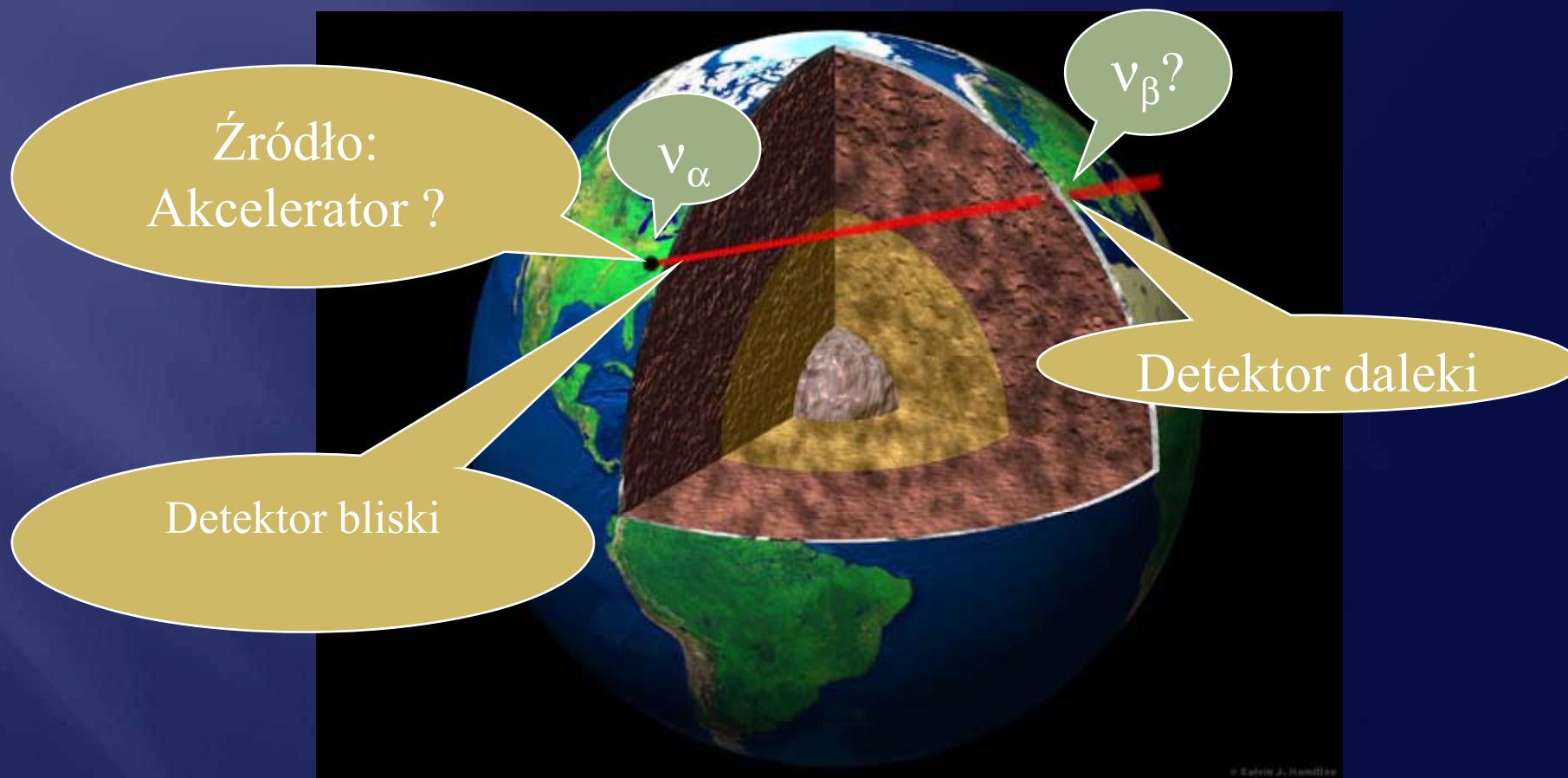
Neutrino detection



- Deep- sea neutrino detectors
- Moving detectors?

Walter Winter

# Neutrino oscillation tomography (NOT)



Oscylacje neutrin zależą od oddziaływań z materią. Usiłujemy znaleźć właściwości materii...

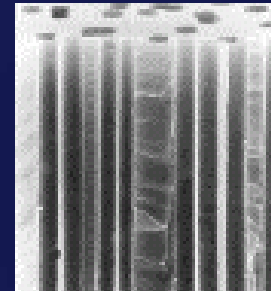
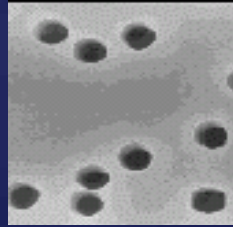
# „Obróbki” radiacyjne

- ▣ Sieciowanie polimerów, głównie polietylenu w postaci rur i taśm termokurczliwych

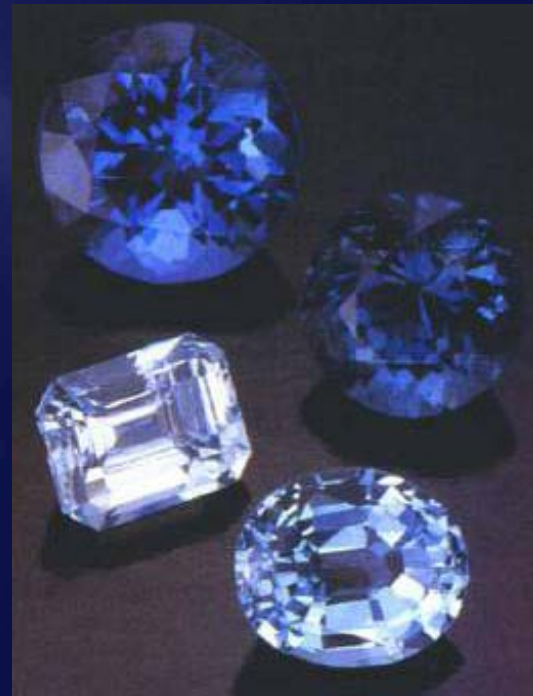




## ▣ Nano-Membrany



## ▣ Kolorowanie topazów



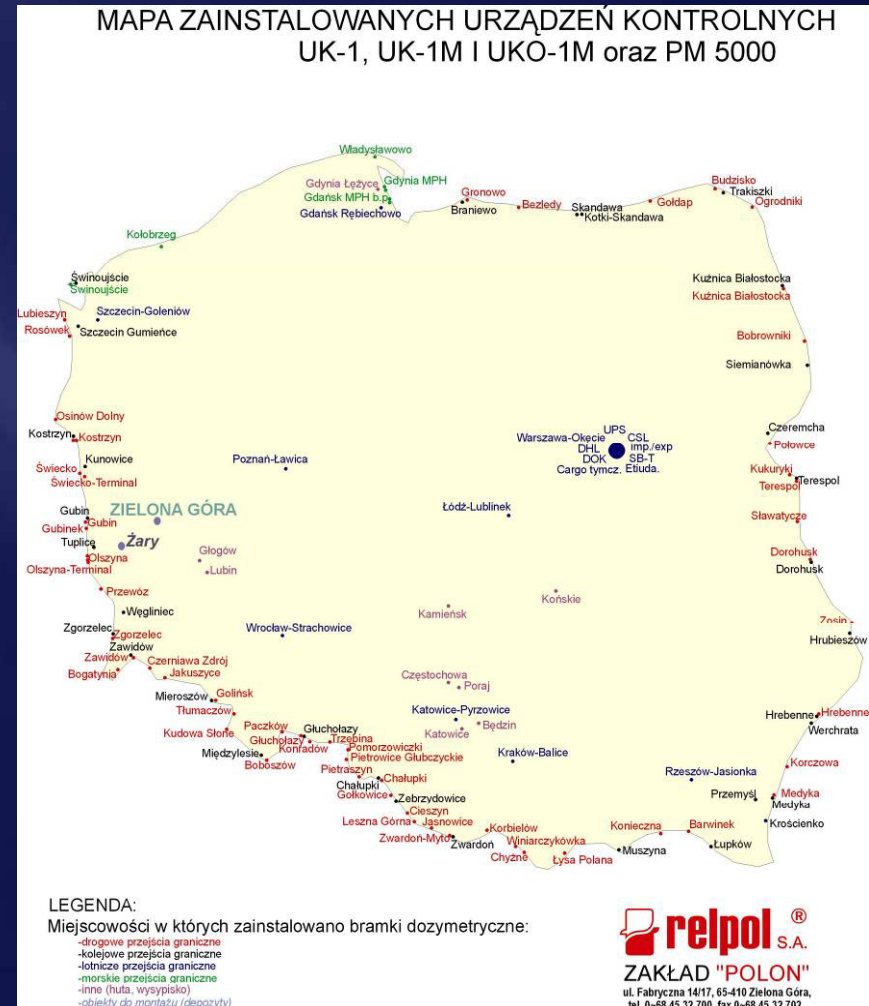
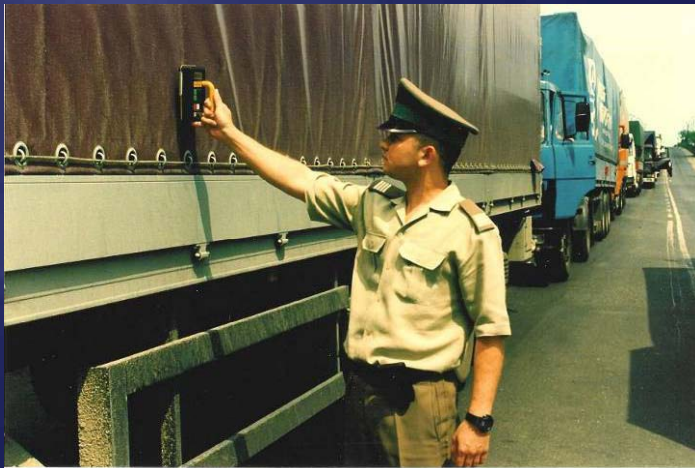
# Bezpieczeństwo

- ▣ Ochrona granic
  - Wykrywanie przemytu materiałów radioaktywnych
  - Wykrywanie przemytu materiałów wybuchowych, narkotyków, przemytu ludzi
  - Kontrola osób na lotniskach
- ▣ Ochrona „antyterrorystyczna”
- ▣ Wykrywanie min, materiałów wybuchowych

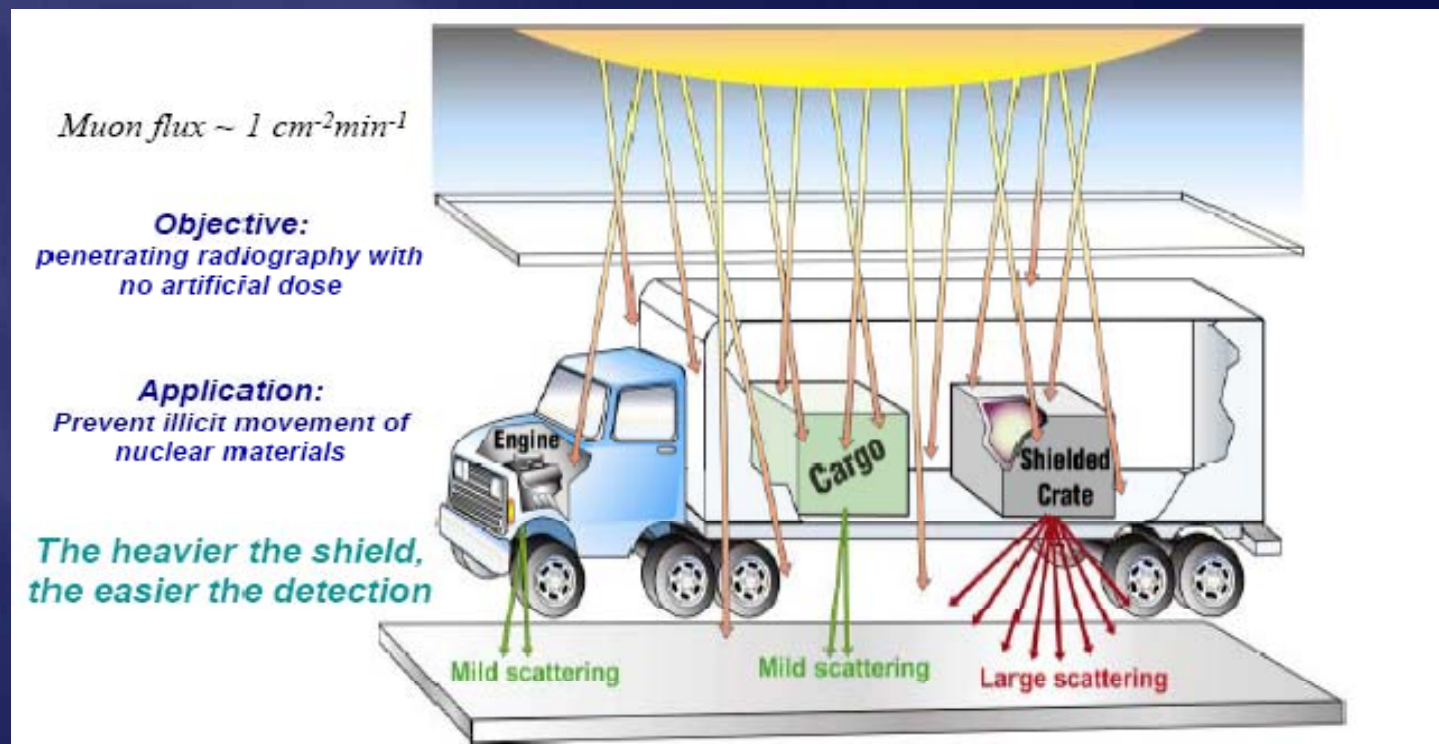
**Terrorism**



# Kontrola granic w Polsce



# Koncepcja wykrywania za pomocą mionów

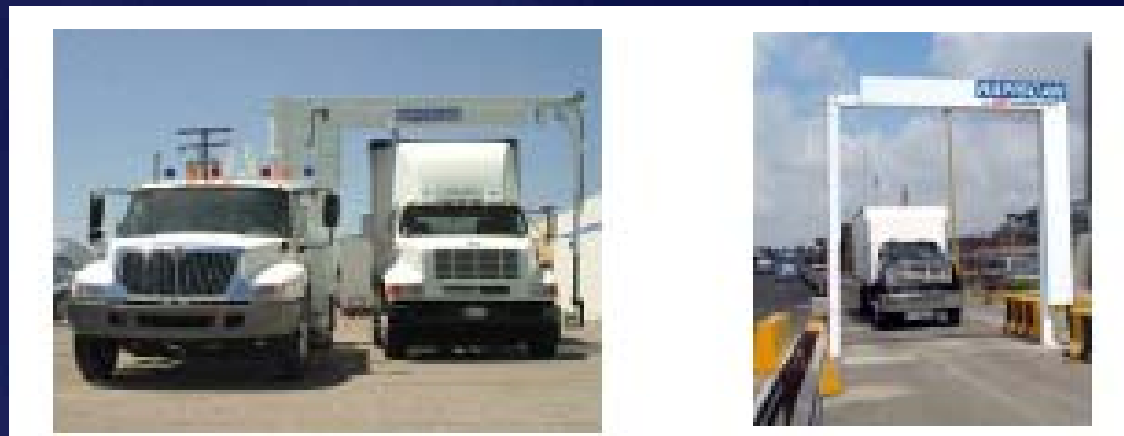


Los Alamos National Laboratory

2008-11-19

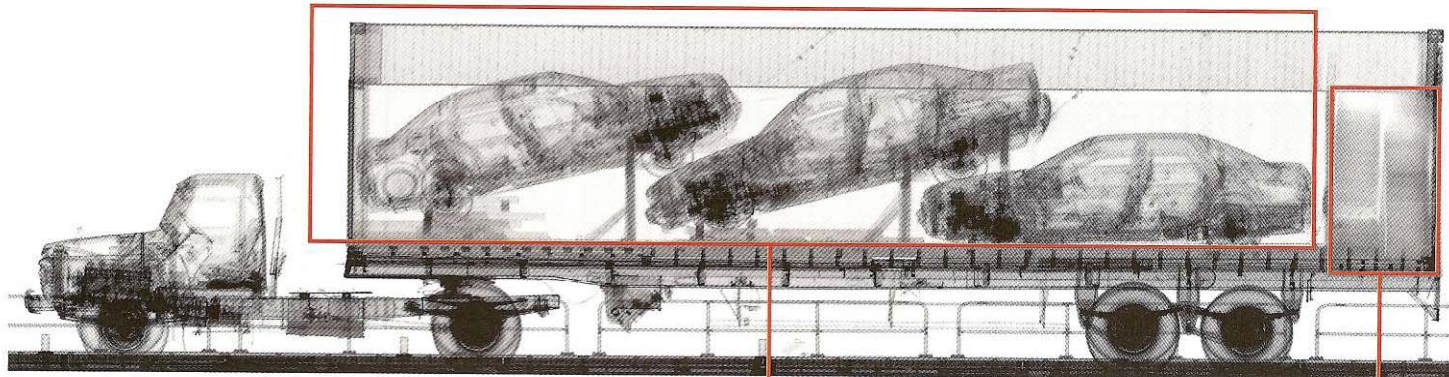
dr Sławomir Wronka, IPJ

# Technika radiografii X



# Technika radiografii X





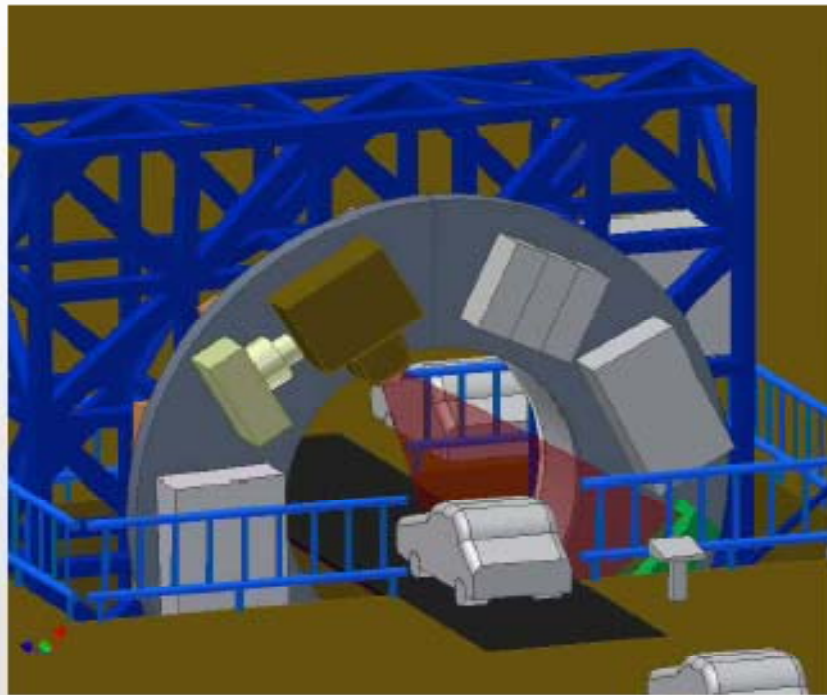
3 sets of smuggling cars  
三輛走私小車

Declared Goods; Carpets  
申報貨物：化纖地毯



# Przyszłość ?

Whole Car CT



BIR



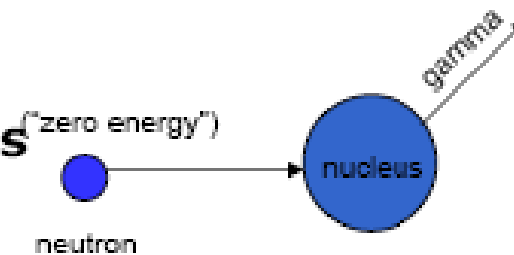
# Wykrywanie materiałów niebezpiecznych



# Neutron Inspection

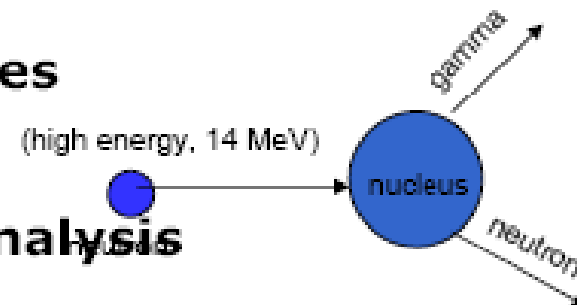
- **TNA<sup>®</sup>** - Thermal Neutron Analysis

- "Room temperature" neutrons completely absorbed by material
- Characteristic gamma ray identifies element



- **FNA** - Fast Neutron Analysis

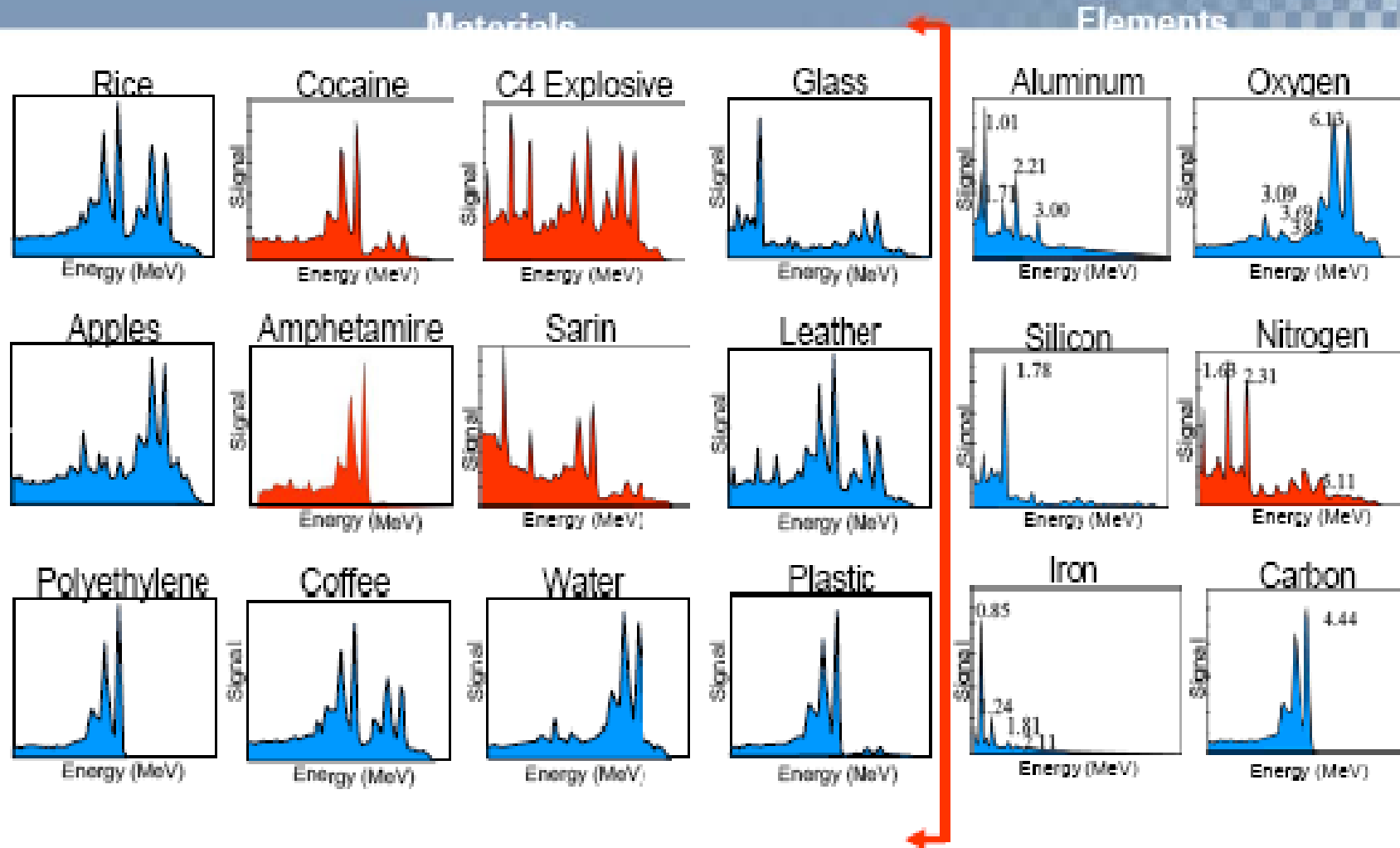
- High energy (e.g. 14 MeV) neutrons "bounce" off material
- Characteristic gamma ray identifies element



- **PFNA<sup>™</sup>** - Pulsed Fast Neutron Analysis

- Nano-Second Pulsed FNA
- 3-d location of threat by time-of-flight

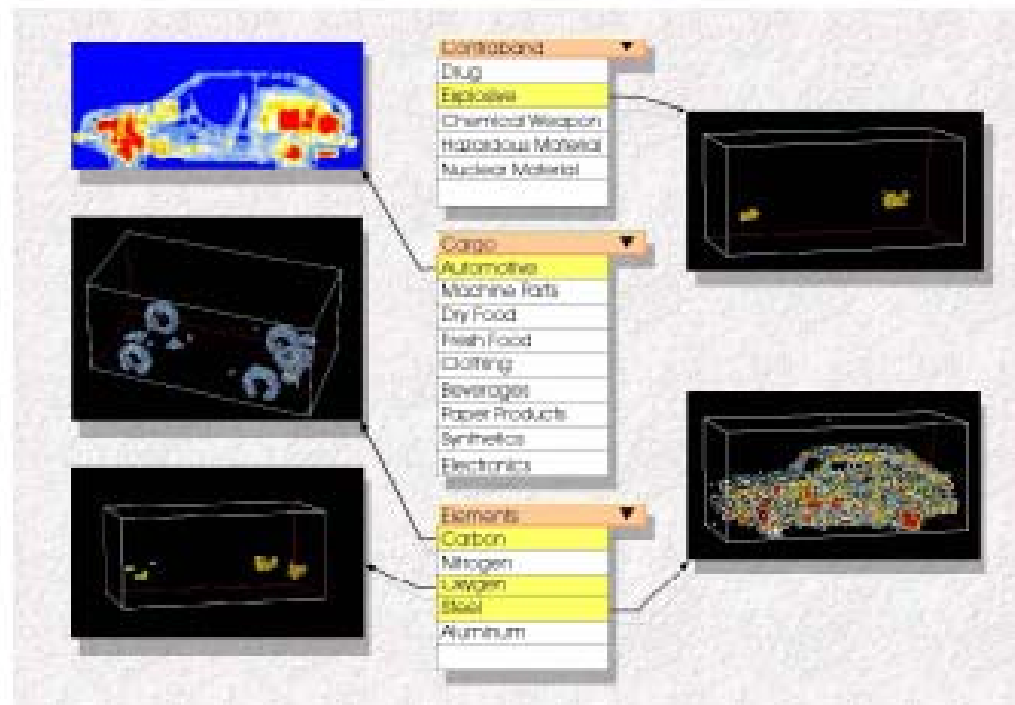
# PFNA Material Signatures



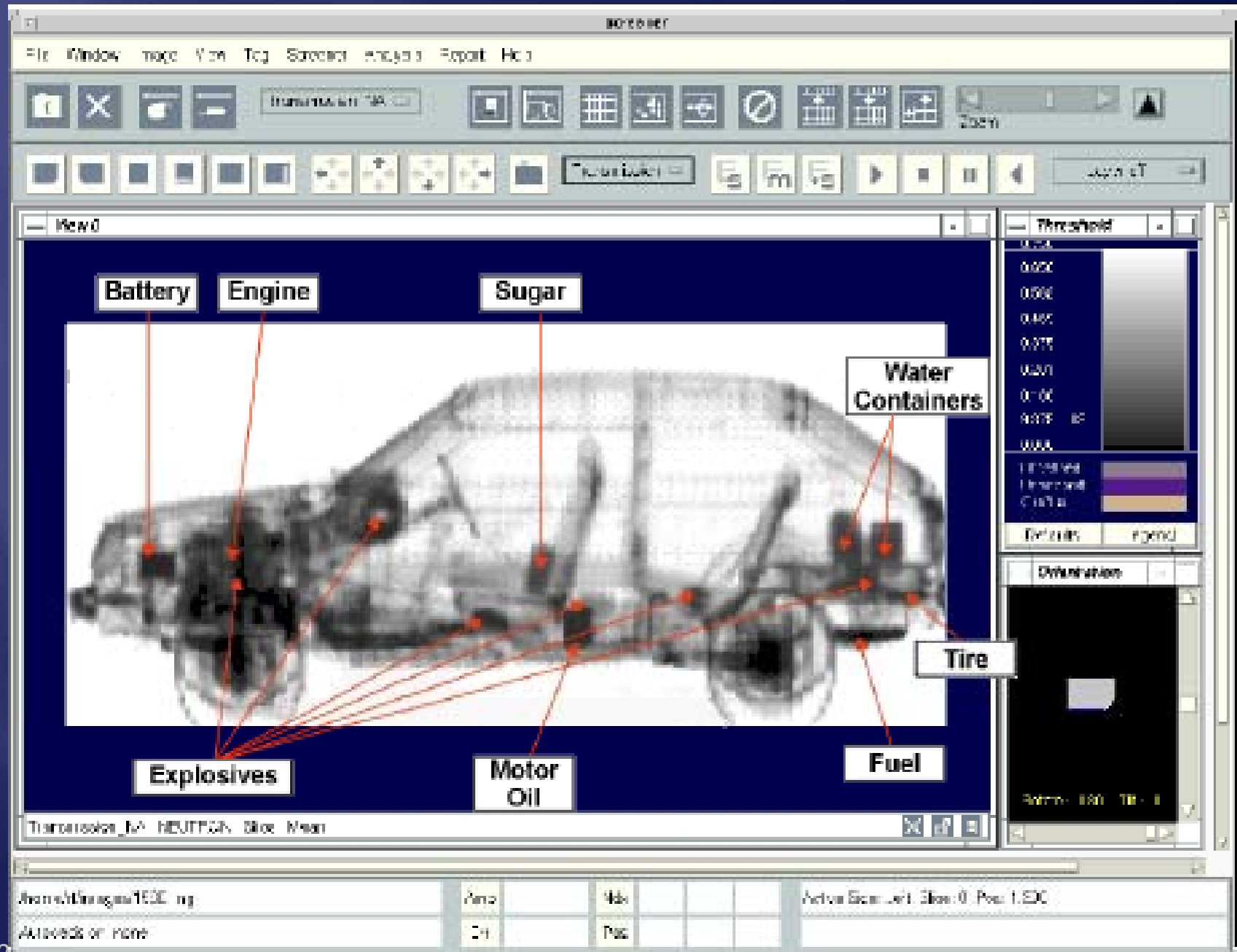
The elemental signals combine to give unique material signatures

# Elemental Imaging and Detection

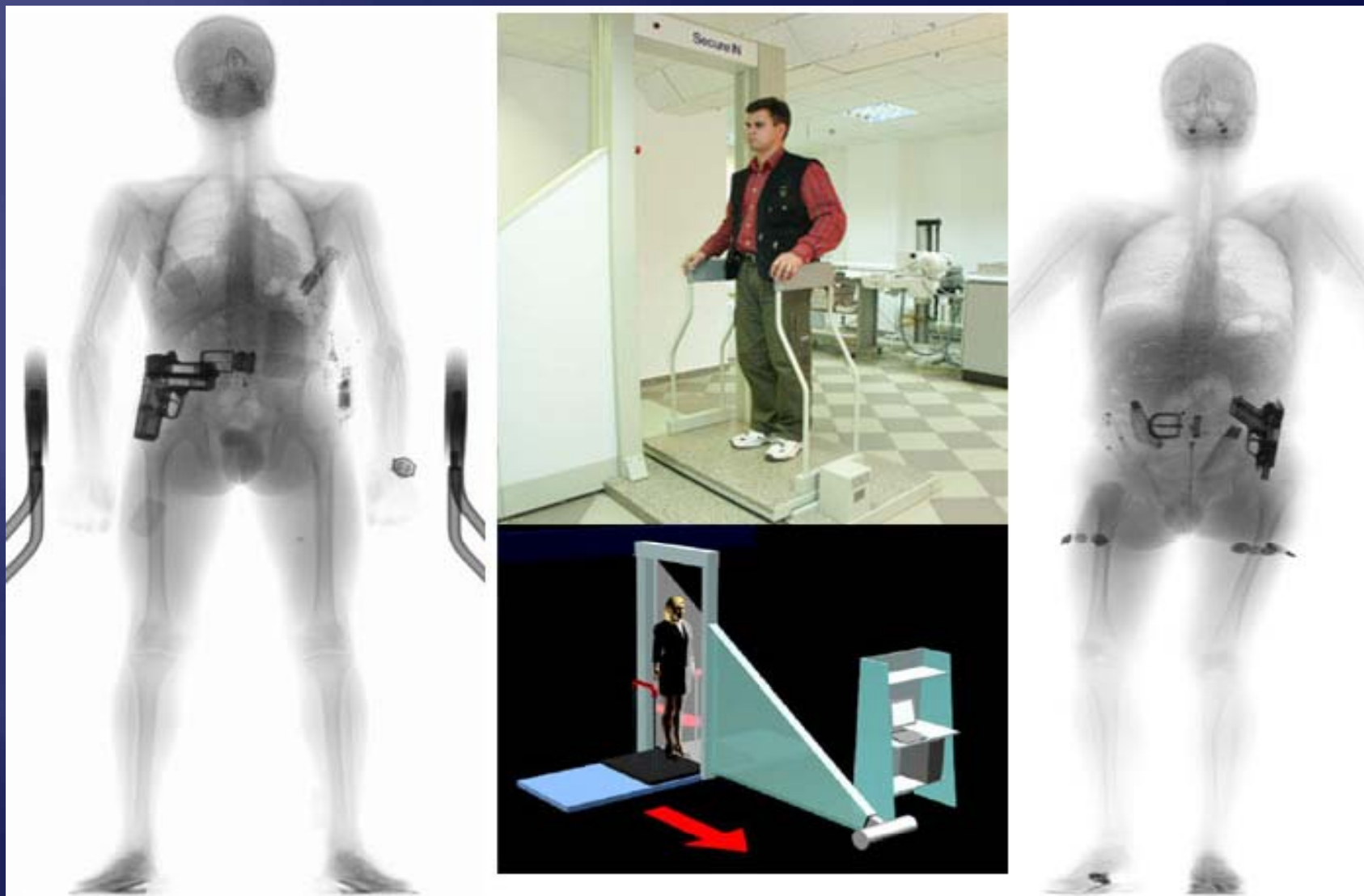
## Explosives in Automobile



- ACI produces 3-D elemental maps showing recognizable features of automobile
- Combinations of elemental signatures are used to detect explosives



# Kontrola osób

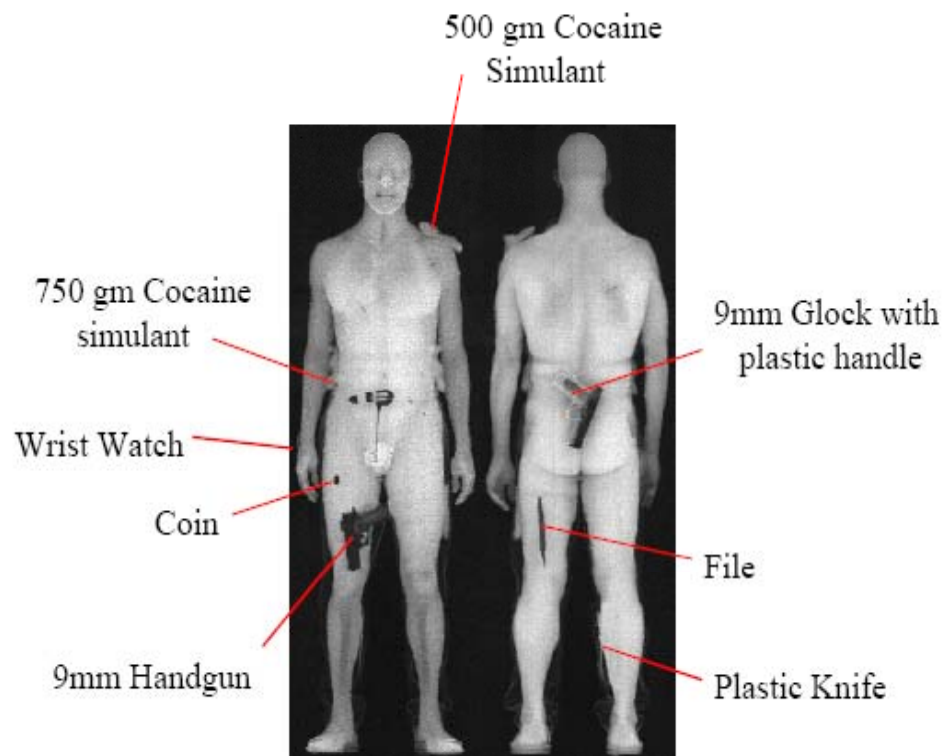


2008-11-19

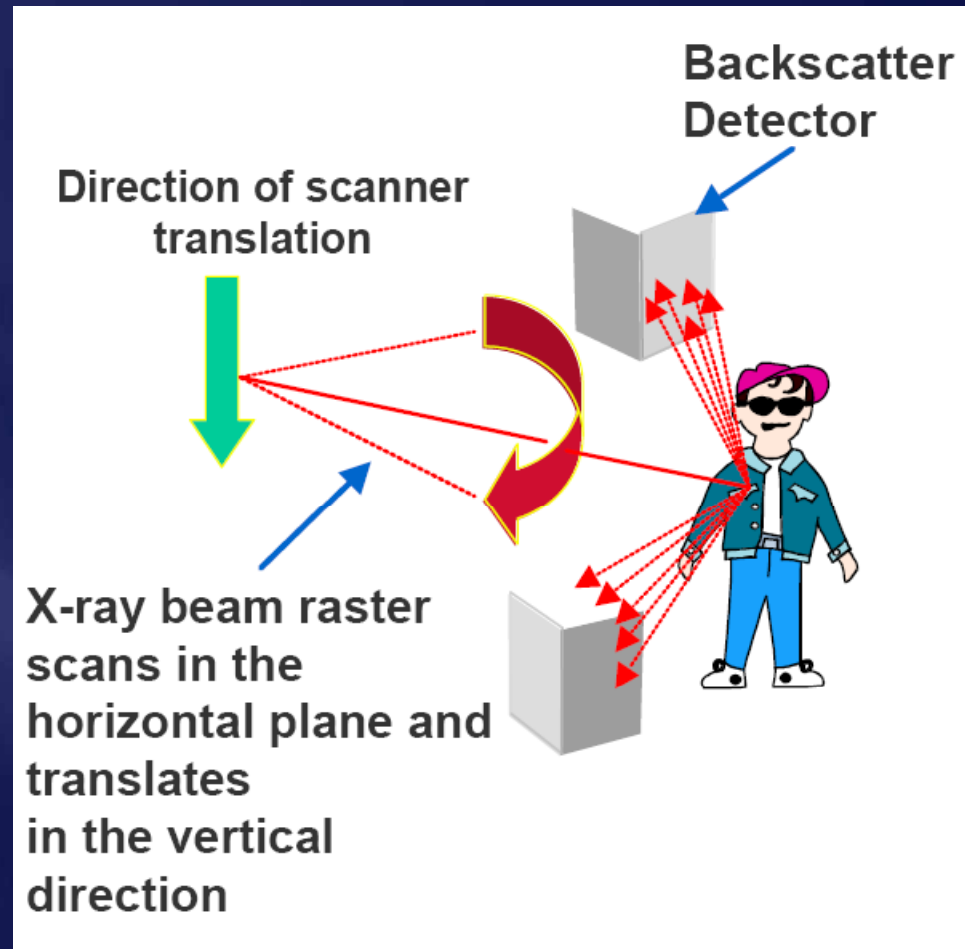
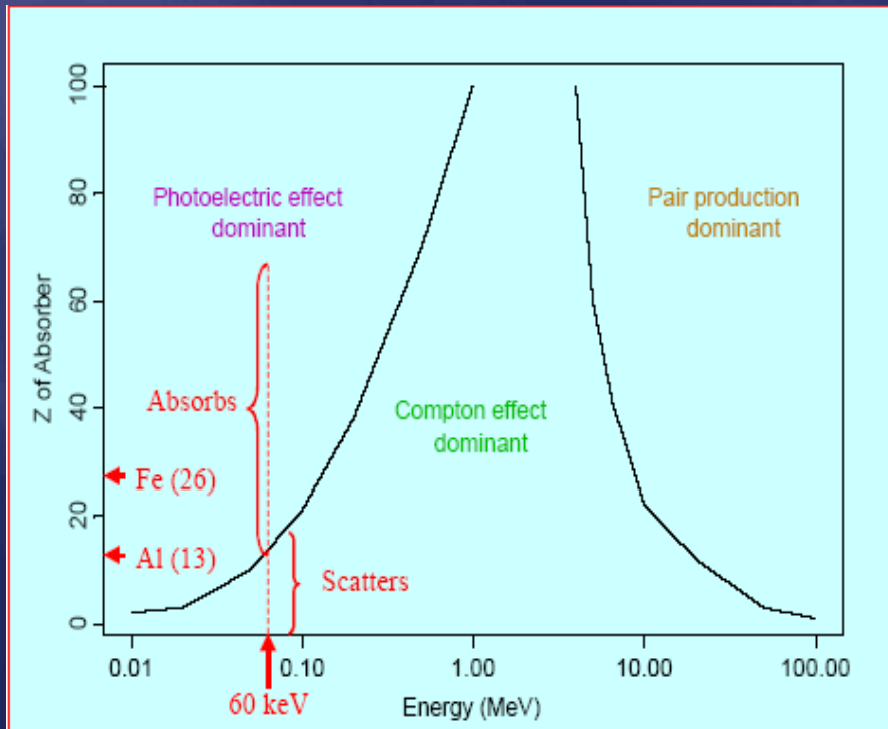
dr Sławomir Wronka, IPJ

# Kontrola osób

- ▣ Nowe techniki – compton backscattering



# Jak to działa ?





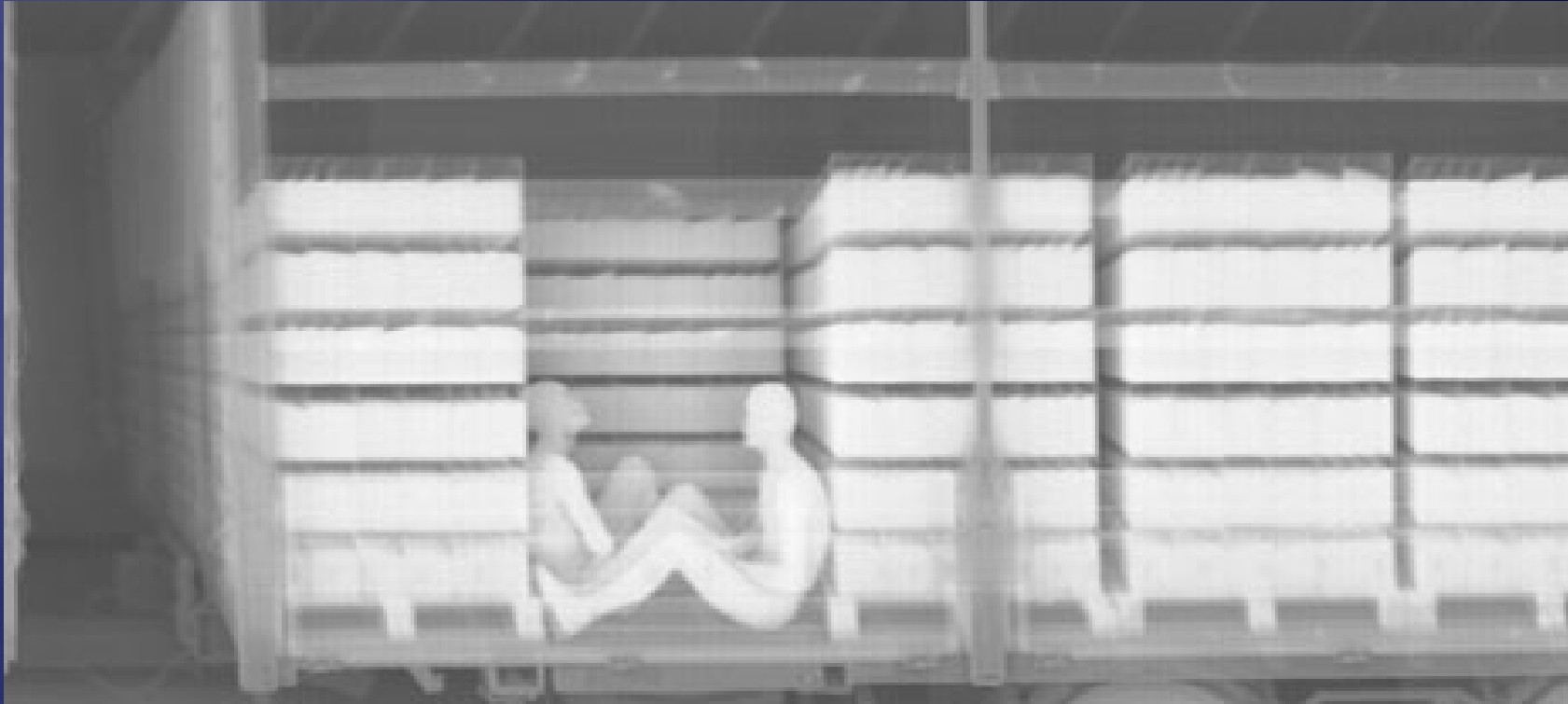
# Ochrona prywatności...



2008-11-19

dr Sławomir Wronka, IPJ

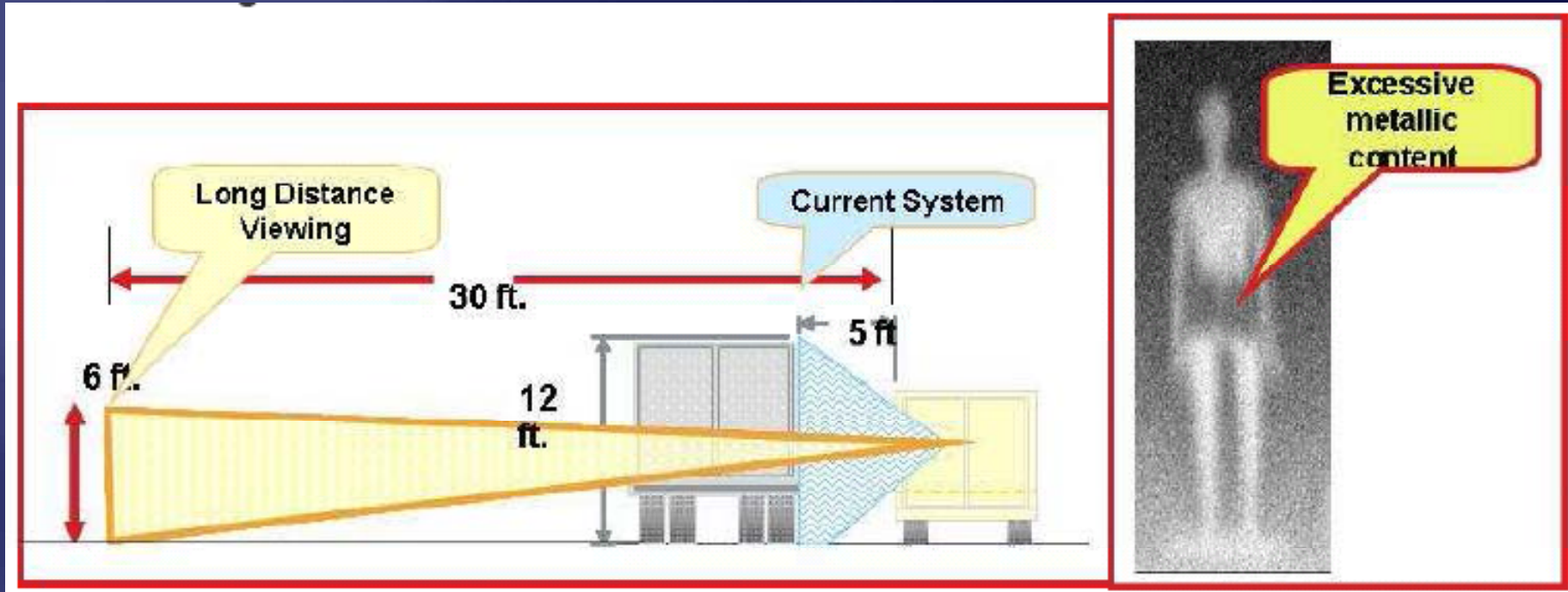
# Backscattering



AS&E

# Wykrywanie samobójczych ataków bombowych

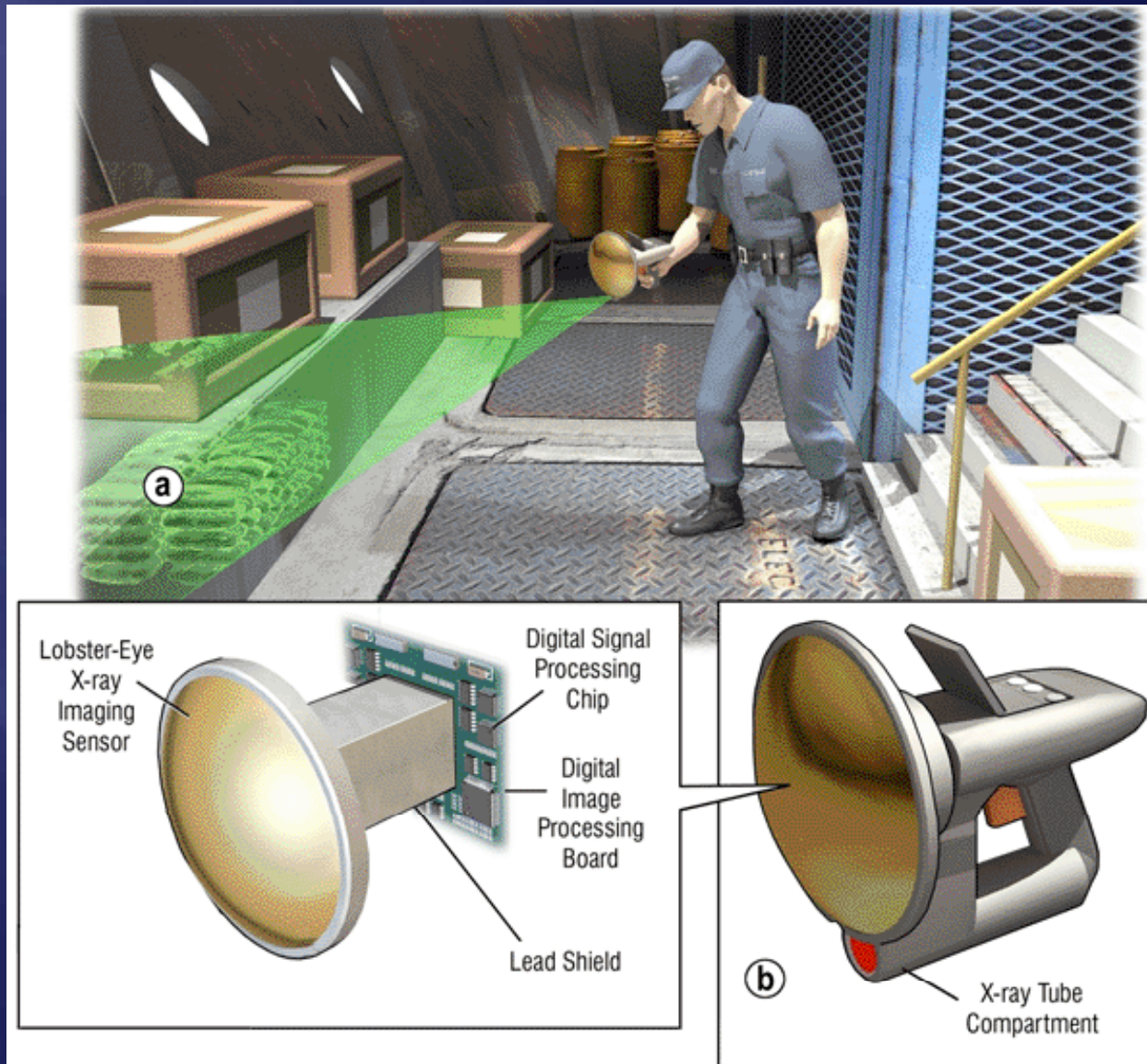
AS&E



- ▣ Obraz z odległości 10m



# X-latarka



LEXID, Physical Optics Corporation, USA

# Patrole antyterrorystyczne

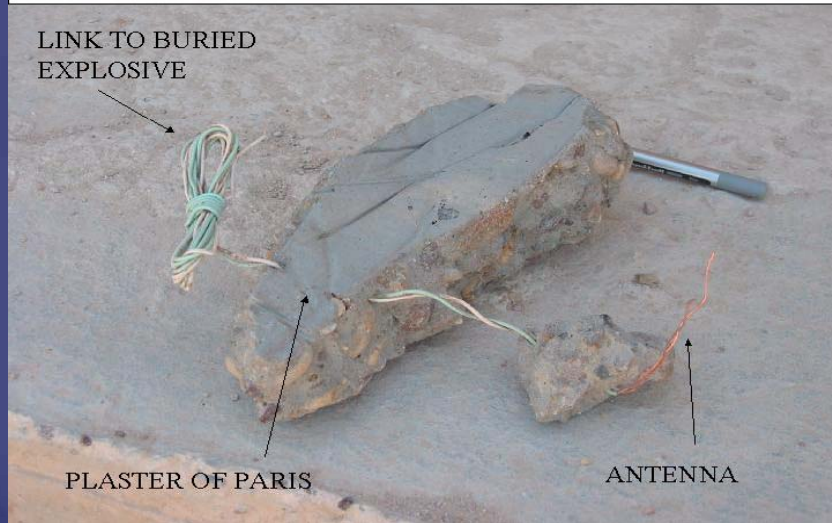


2008-11-19

dr Sławomir Wronka, IPJ

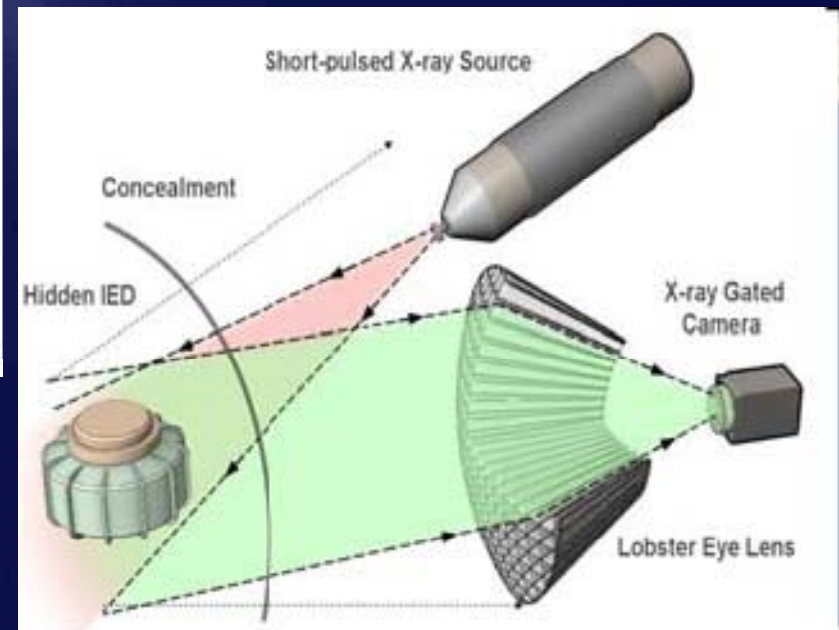
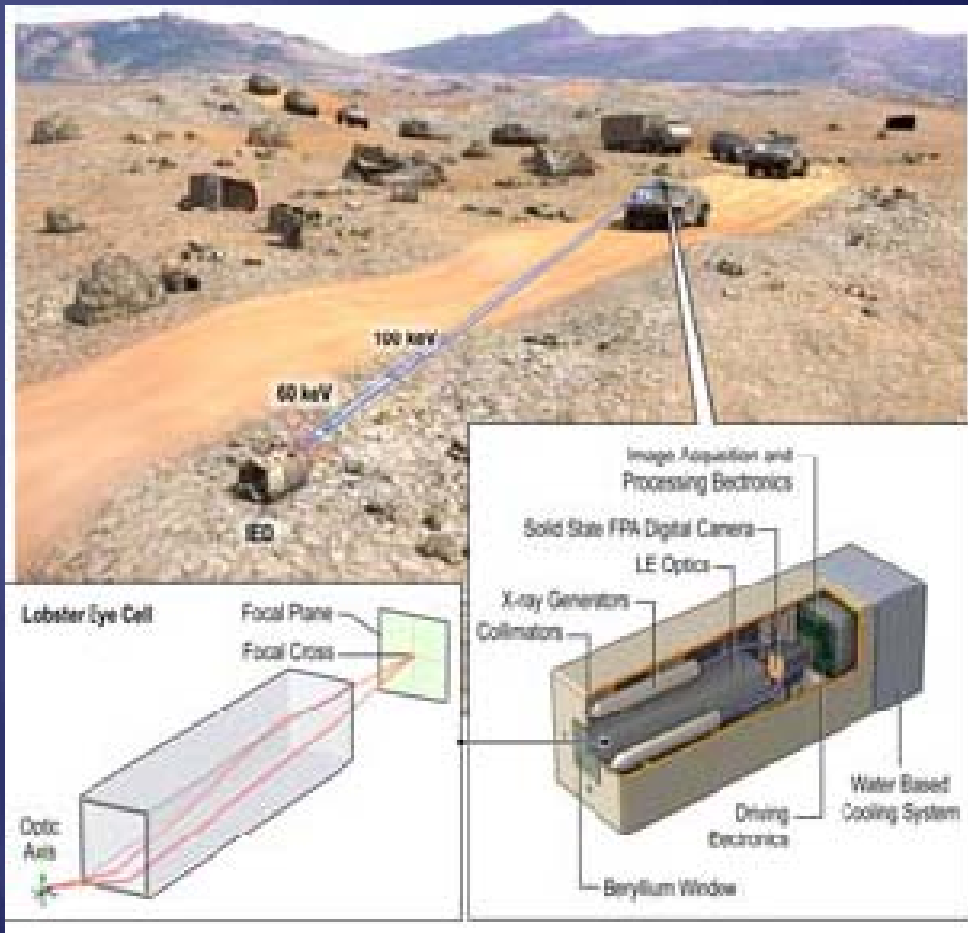
# IED

IED FOUND RECENTLY VIC MAHMUDIYAH



2008-11-19

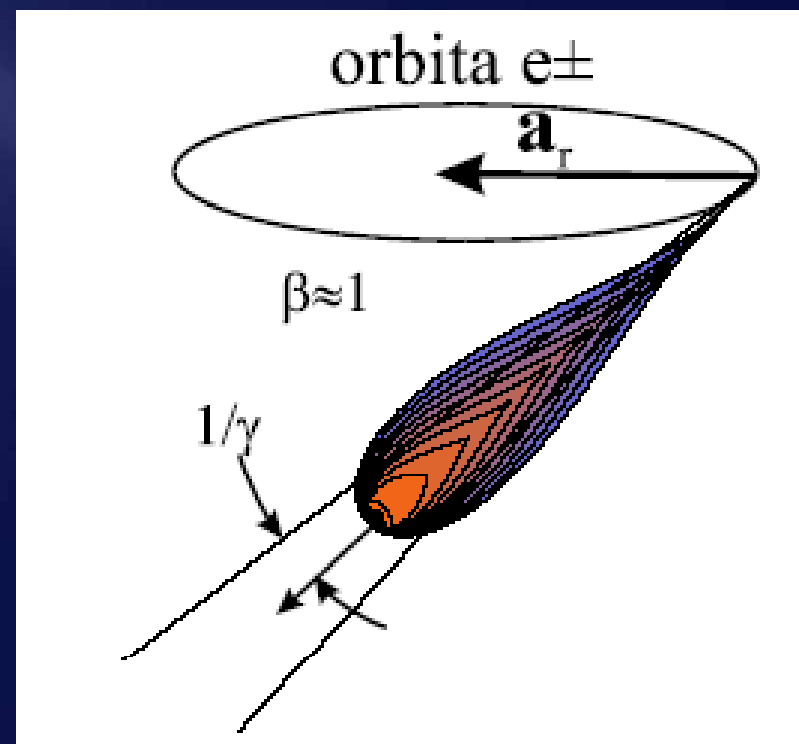
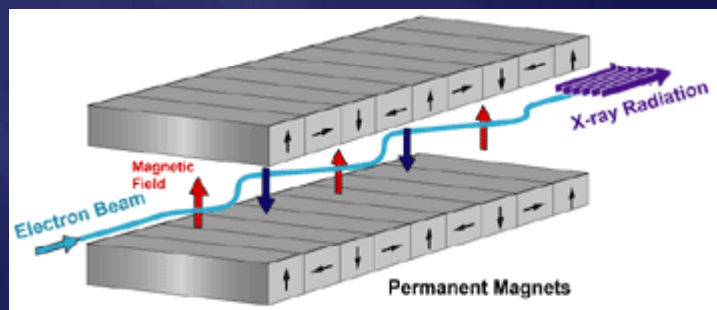
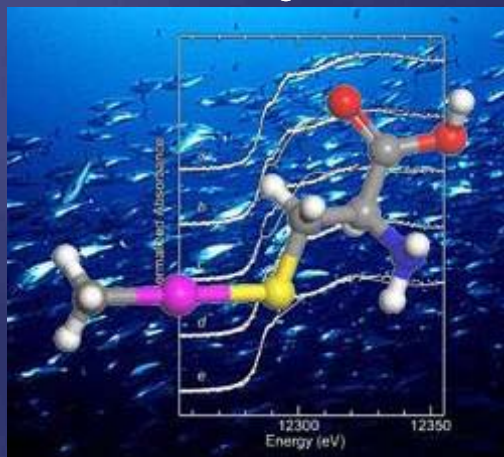
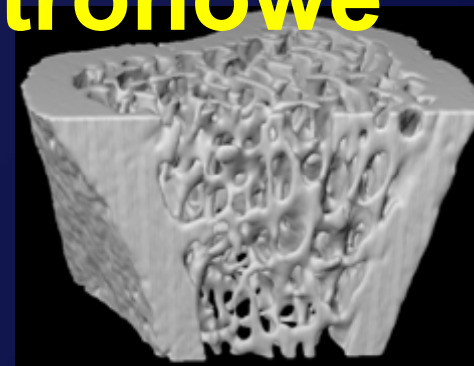
dr Sławomir Wronka, IPJ



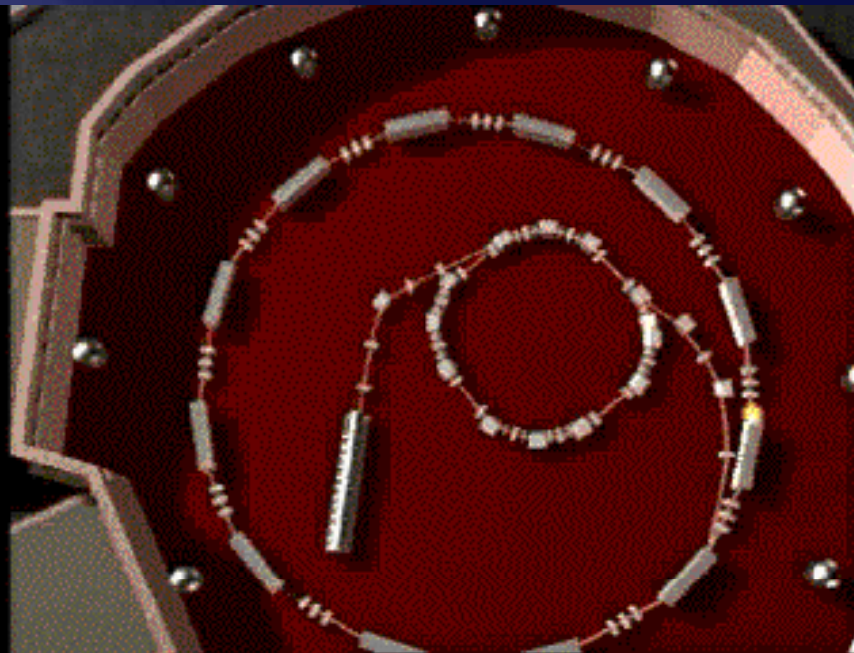
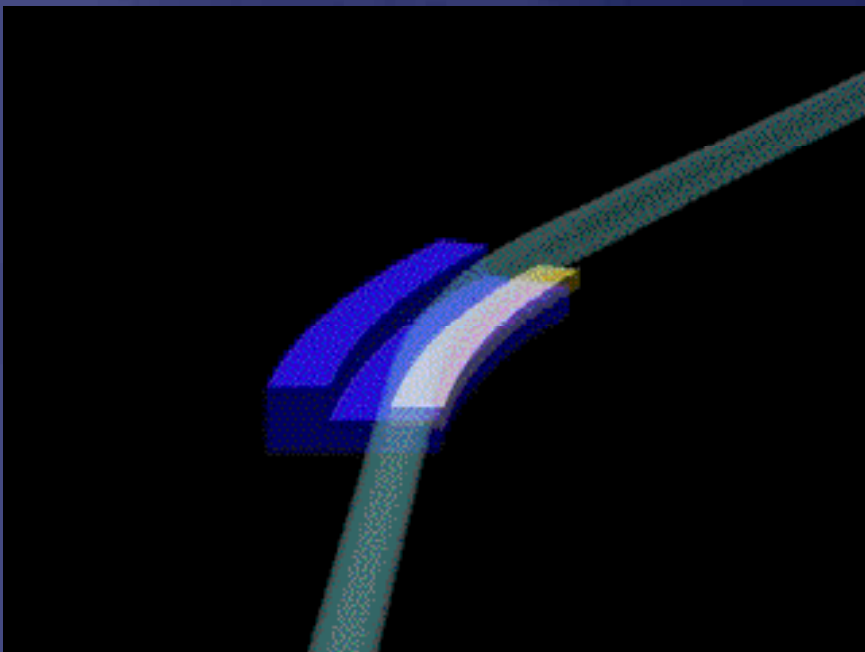
improvised explosive device detection  
HAXIS, Physical Optics Corporation, USA

# Promieniowanie synchrotronowe

- Medycyna, biologia, chemia, fizyka, ochrona środowiska...



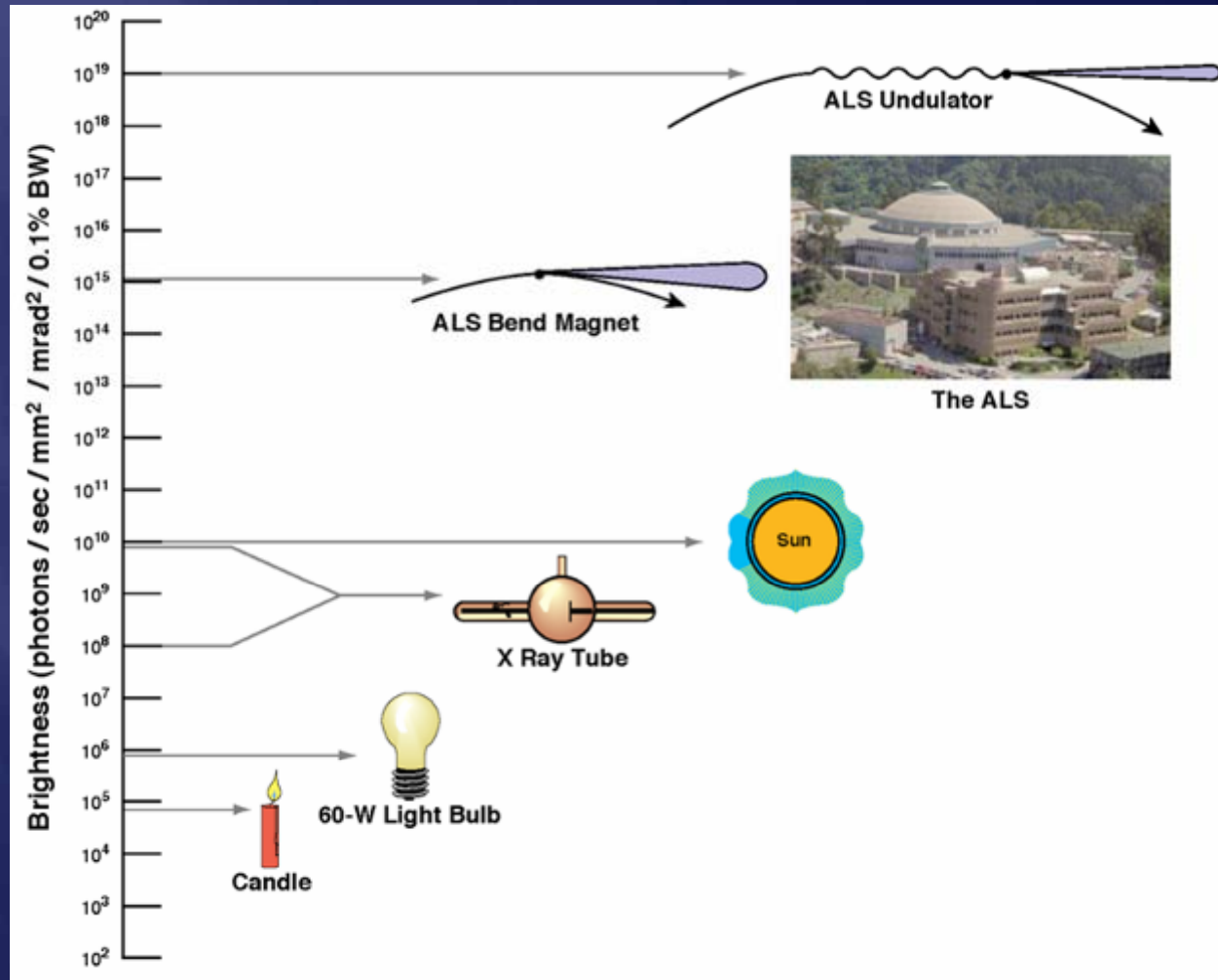




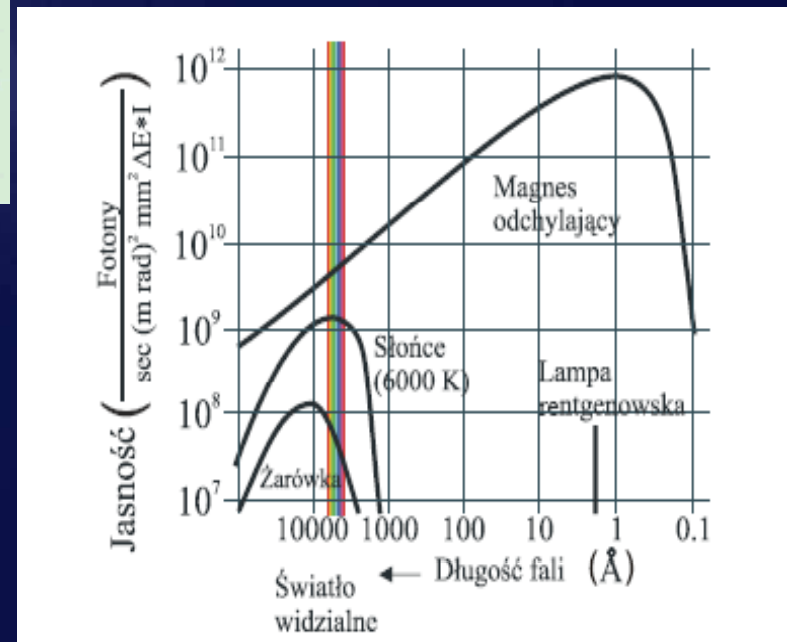
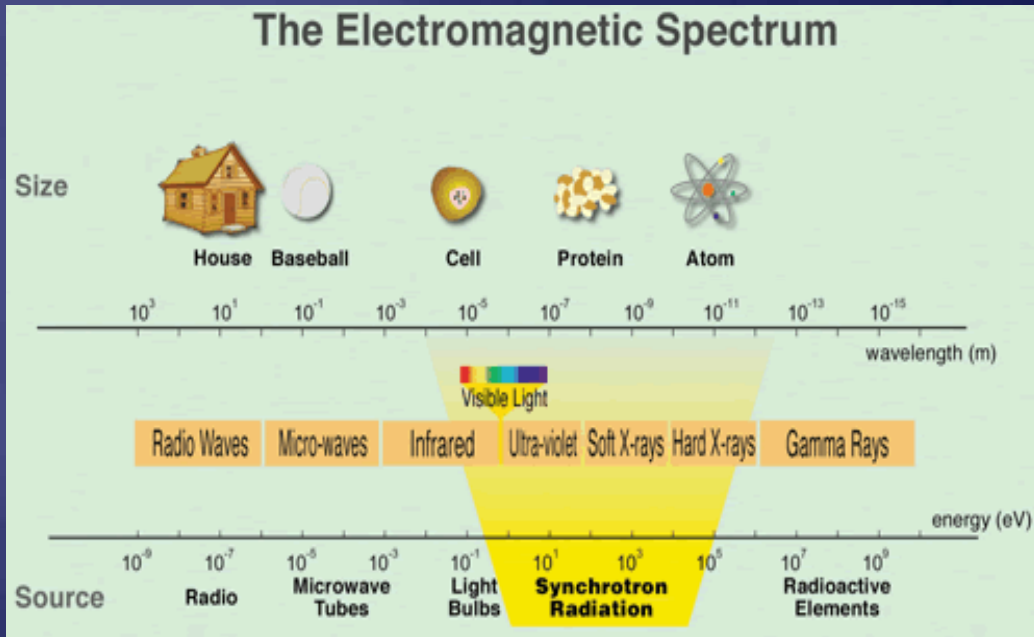
2008-11-19

dr Sławomir Wronka, IPJ

# Co oznacza „jasne” ?



# Promieniowanie synchrotronowe



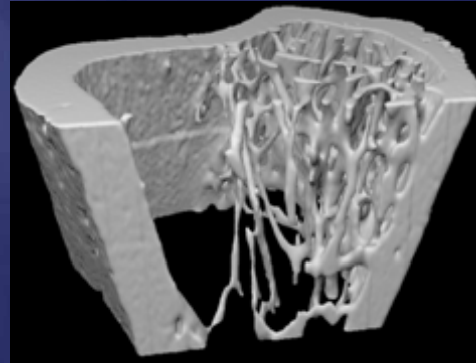
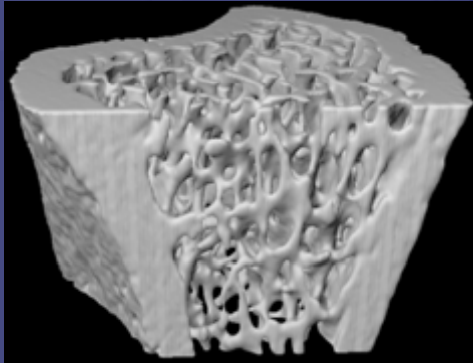
# Współczesne synchrotronowe źródła światła – akceleratorzy optymalizowane pod kątem produkcji promieniowania synchrotronowego



2008-11-19

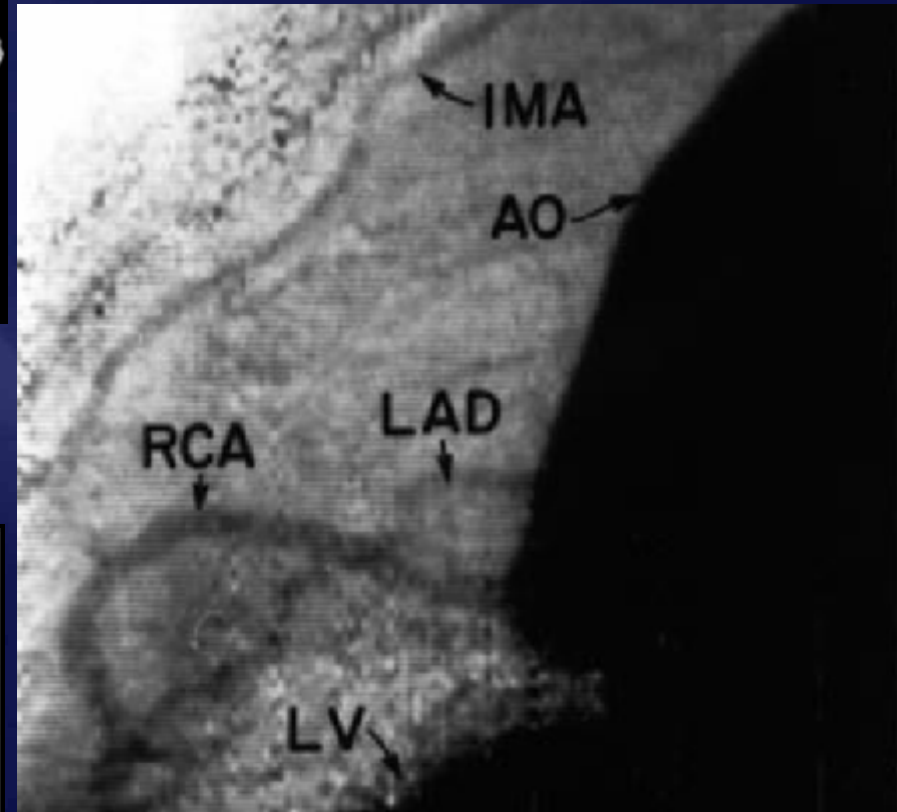
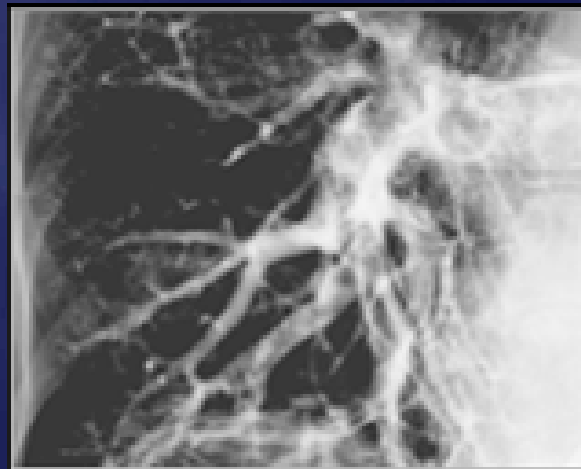
dr Sławomir Wronka, IPJ

# Przykładowe zastosowania



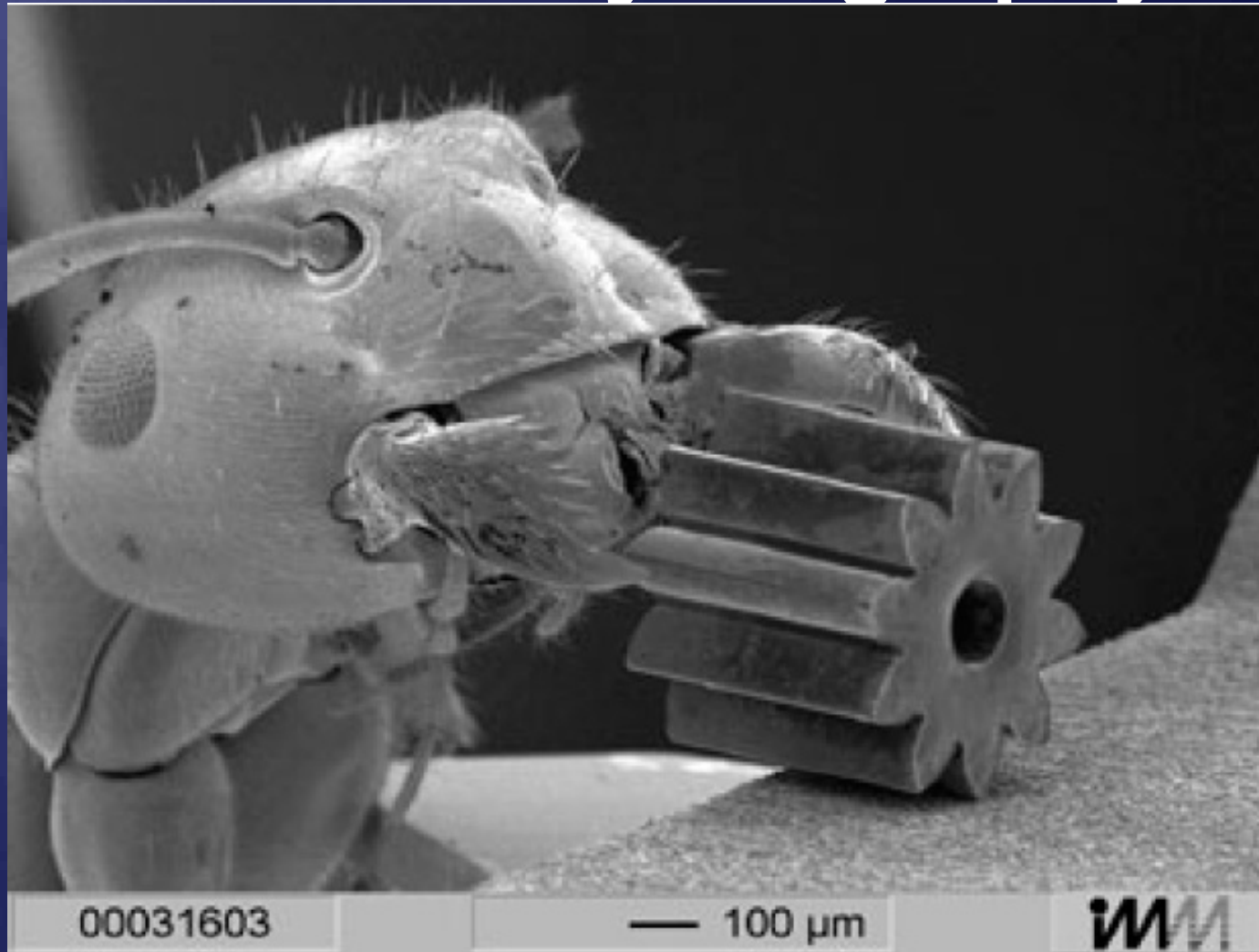
*before estrogen loss*    *after estrogen loss*

## Badania nad osteoporozą

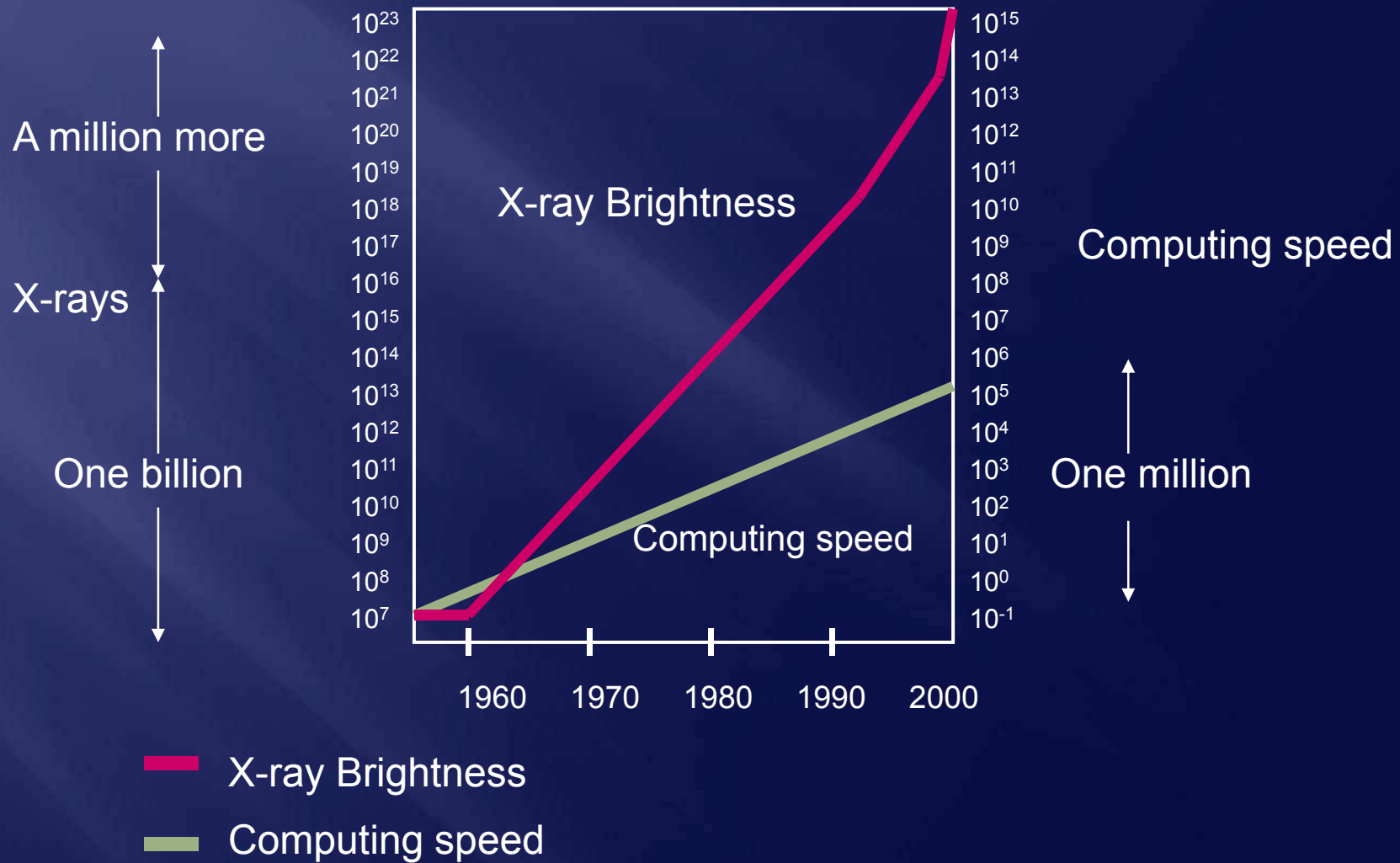


**Angiografia**

# LIGA – X-ray lithography



# „Jasność” rośnie szybciej niż prędkości procesorów !



# Analiza fluorescencyjna

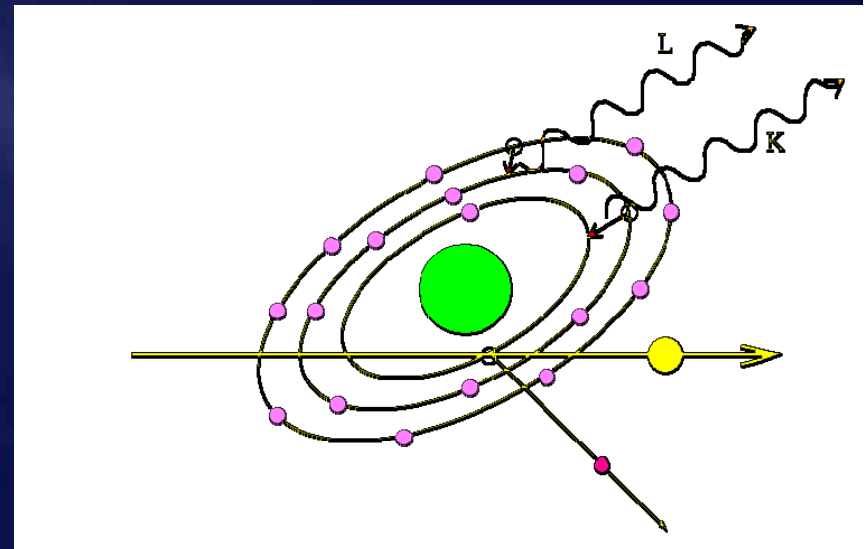
- ▣ Czuła metoda analityczna do określania koncentracji pierwiastków
- ▣ Szeroko wykorzystywana w różnych dziedzinach nauk podstawowych i w badaniach interdyscyplinarnych



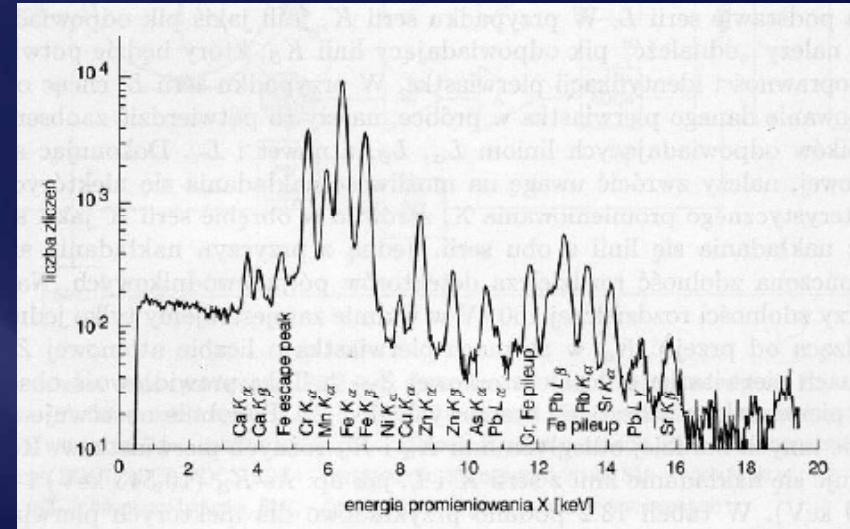
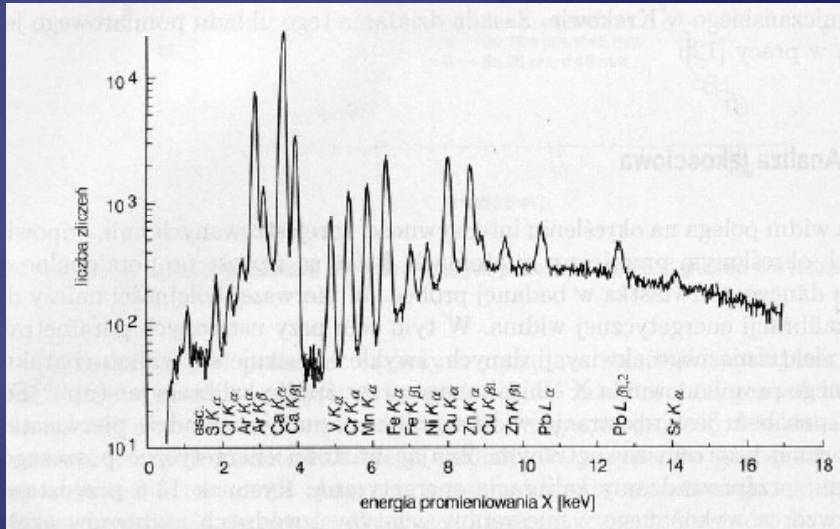
# Analiza fluorescencyjna

Rejestracja charakterystycznego promieniowania X emitowanego z atomów na skutek jonizacji wewnętrznych powłok atomowych promieniowaniem wzbudzającym.

Otrzymujemy informację o rodzaju pierwiastka oraz koncentracji pierwiastka zawartego w próbce.



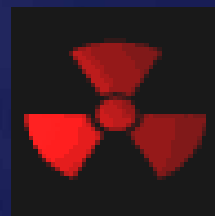
# Przykładowe widmo



- ▣ **Intensywności** zarejestrowanych linii są **wprost proporcjonalne do stężenia** badanego pierwiastka w próbce.

- **XRF** – X-Ray Fluorescence – metoda wykorzystująca wzbudzenie charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego atomów tarczy przez fotony z lampy rentgenowskiej
- **RXRF** – Radioisotope X-Ray Fluorescence – wzbudzenie promieniowaniem ze źródeł promieniotwórczych
- **SRIXE** (SR-XRF) – Synchrotron Radiation Induced X-Ray Emission – wzbudzenie silnym promieniowaniem synchrotronowym
- **PIXE** – Particle Induced X-Ray Emission – wzbudzenie cząstkami naładowanymi z akceleratora

# Dziękuję za uwagę



<http://sense4fun.com/uncategorized/x-ray.html>

2008-11-19

dr Sławomir Wronka, IPJ