

# Accelerators and particle detectors around us

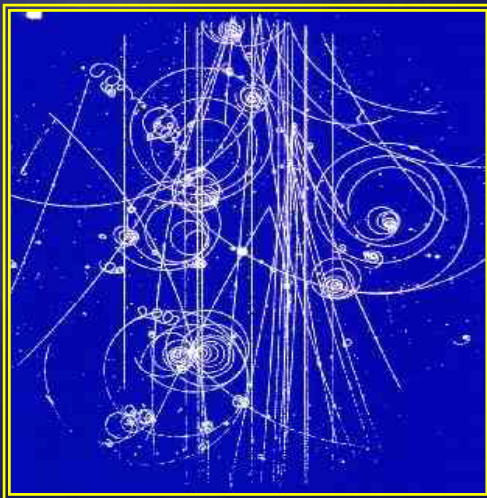
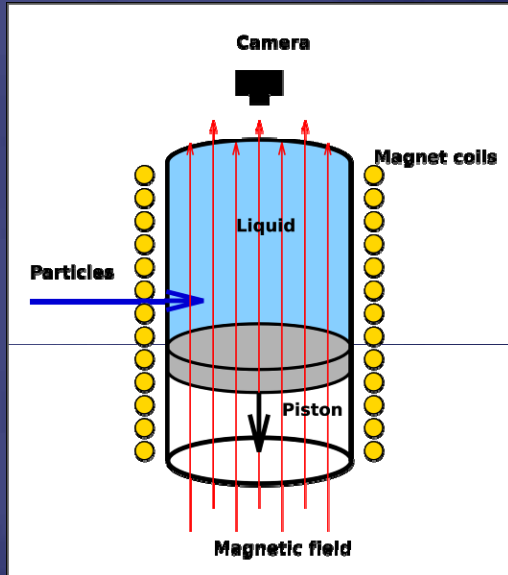
Akceleratorzy i detektory cząstek wokół nas



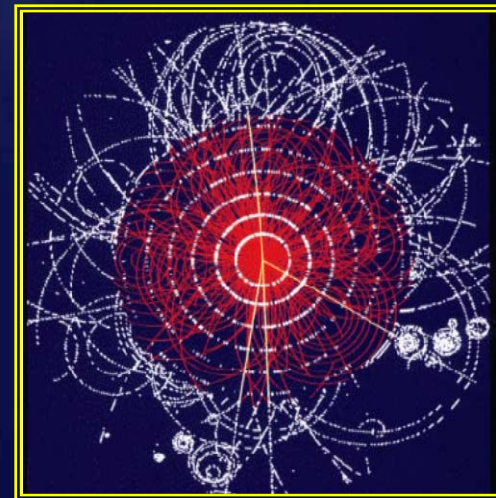
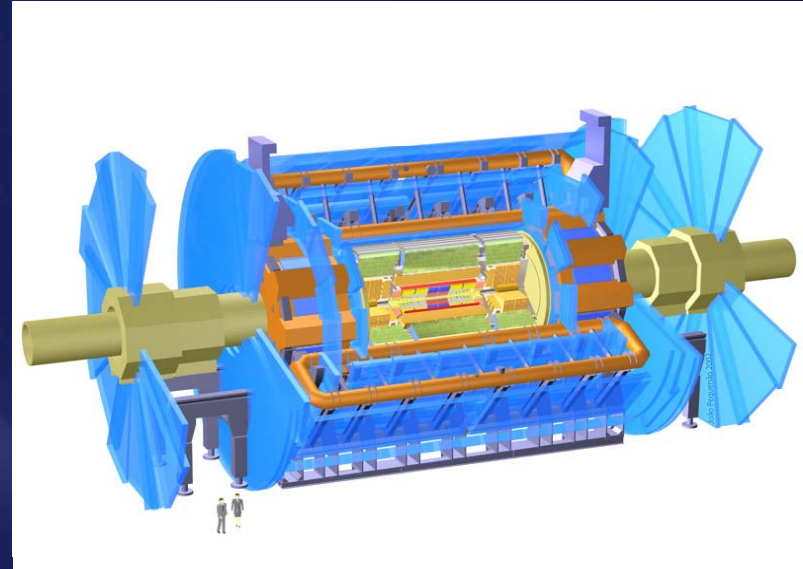
Sławomir Wronka, 03/04/2009r

# Detektory

Wczoraj



Dziś

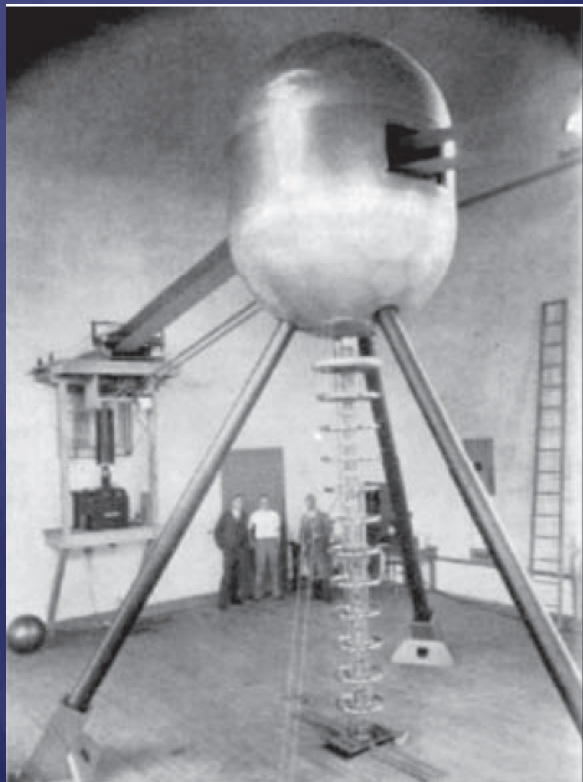


2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ

# Akceleratorzy

Wczoraj



Dziś



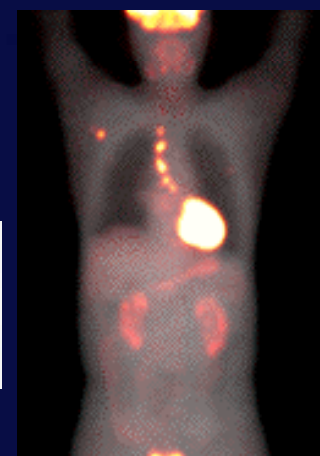
2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ



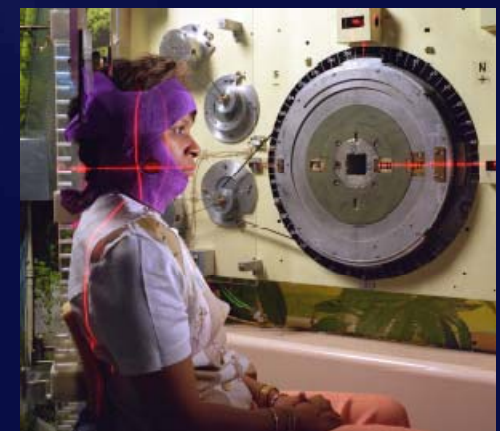
# Gdzie znajdziemy akceleratory i detektory ?

- ▣ 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** sprzętu i materiałów medycznych jest prowadzona w celu zabicia drobnoustrojów i ich form przetrwalnikowych. Proces wykorzystuje **silne właściwości bakteriobójcze** promieniowania jonizującego.

# 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**.

# 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.**



## Przykład - truskawki



**Nienaświetlane po 7 dniach**



**Napromienione wiązką  
elektronów po 17 dniach**

# Przykład - cebulka



# Napromienianie żywności

- ▣ Prowadzone od wielu lat badania naukowe udowodniły, że poddana obróbce radiacyjnej żywność zachowuje wartość odżywczą oraz jest bezpieczna pod względem toksykologicznym i bakteriobójczym.
- ▣ Co z wolnymi rodnikami ?

# 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.



# „Obróbki” radiacyjne

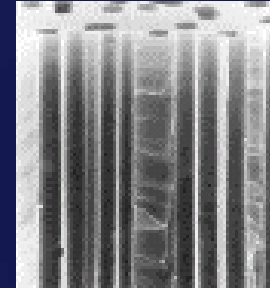
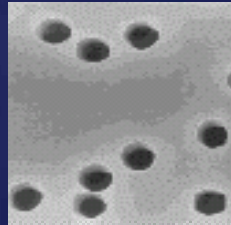
- ▣ Sieciowanie polimerów, głównie polietylenu w postaci rur i taśm termokurczliwych



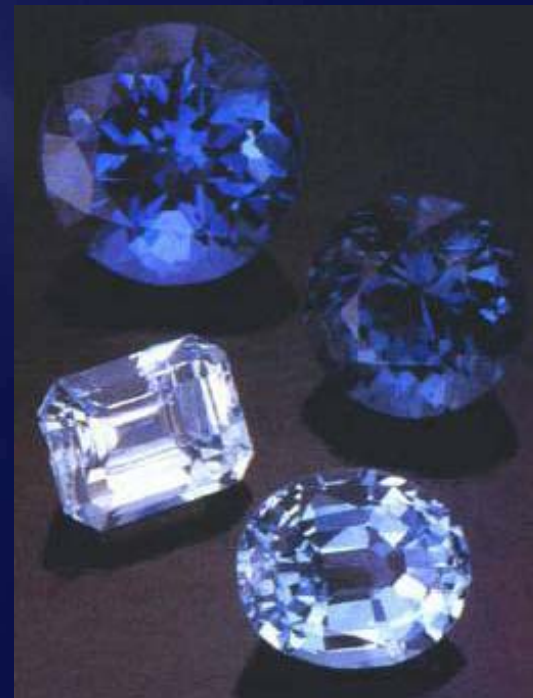
2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ

- ▣ Nano-Membrany



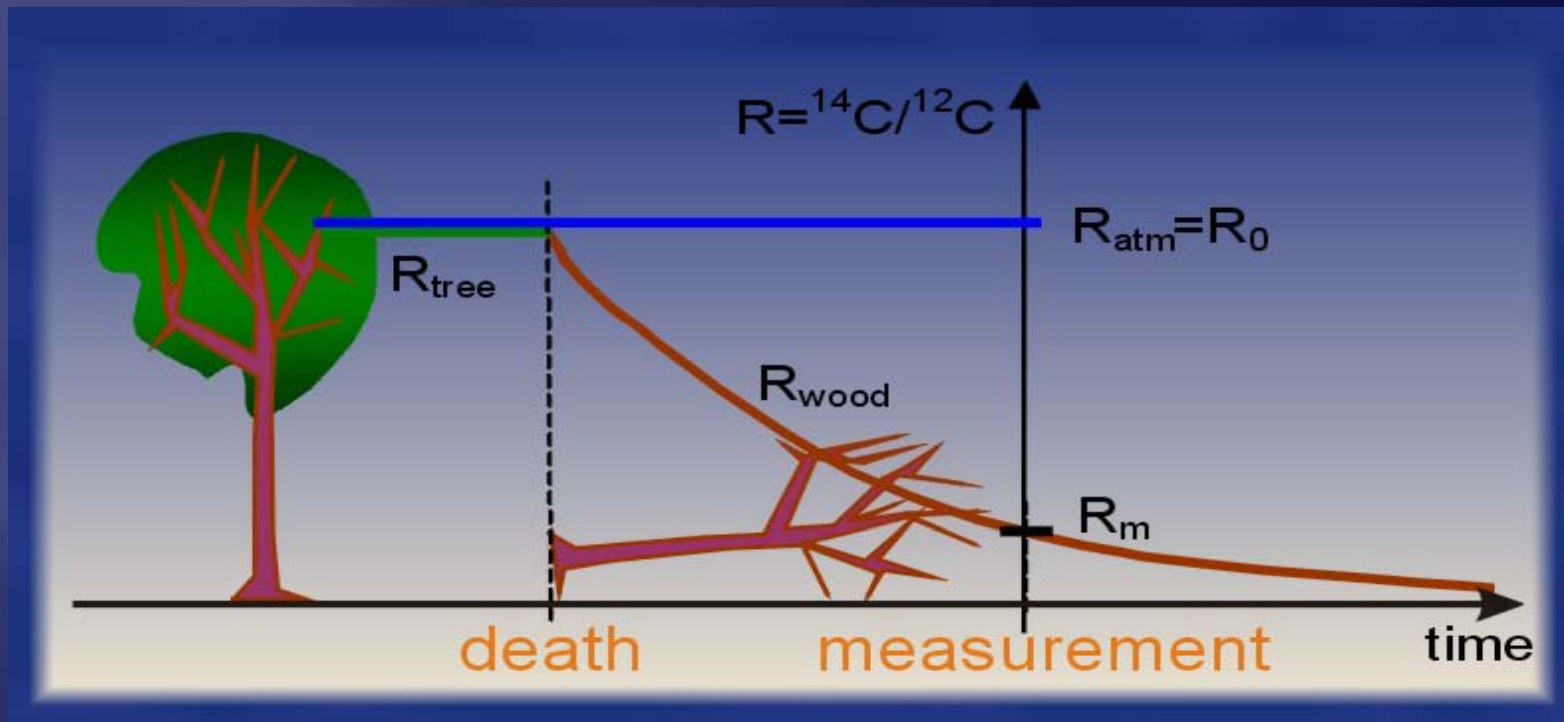
- ▣ Kolorowanie kamieni szlachetnych



# 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.

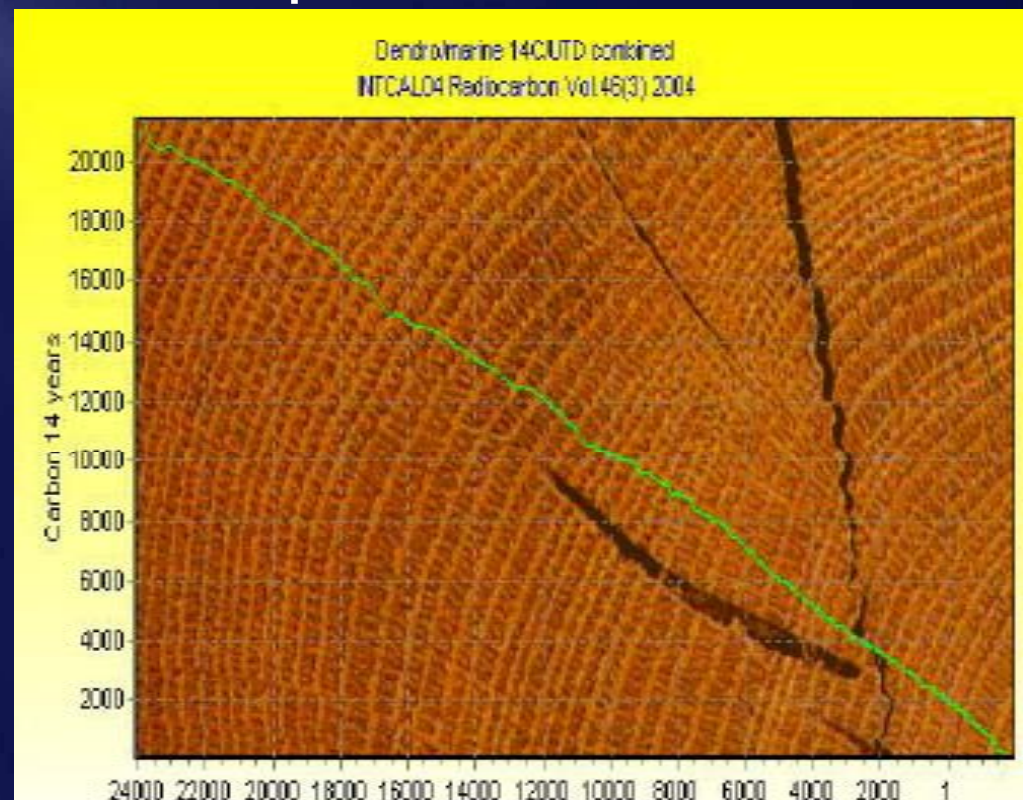
- Dzięki asymilacji z atmosfery, koncentracja  $^{14}\text{C}$  w żyjących organizmach lądowych jest stała ( $R_0$ ).



- 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:



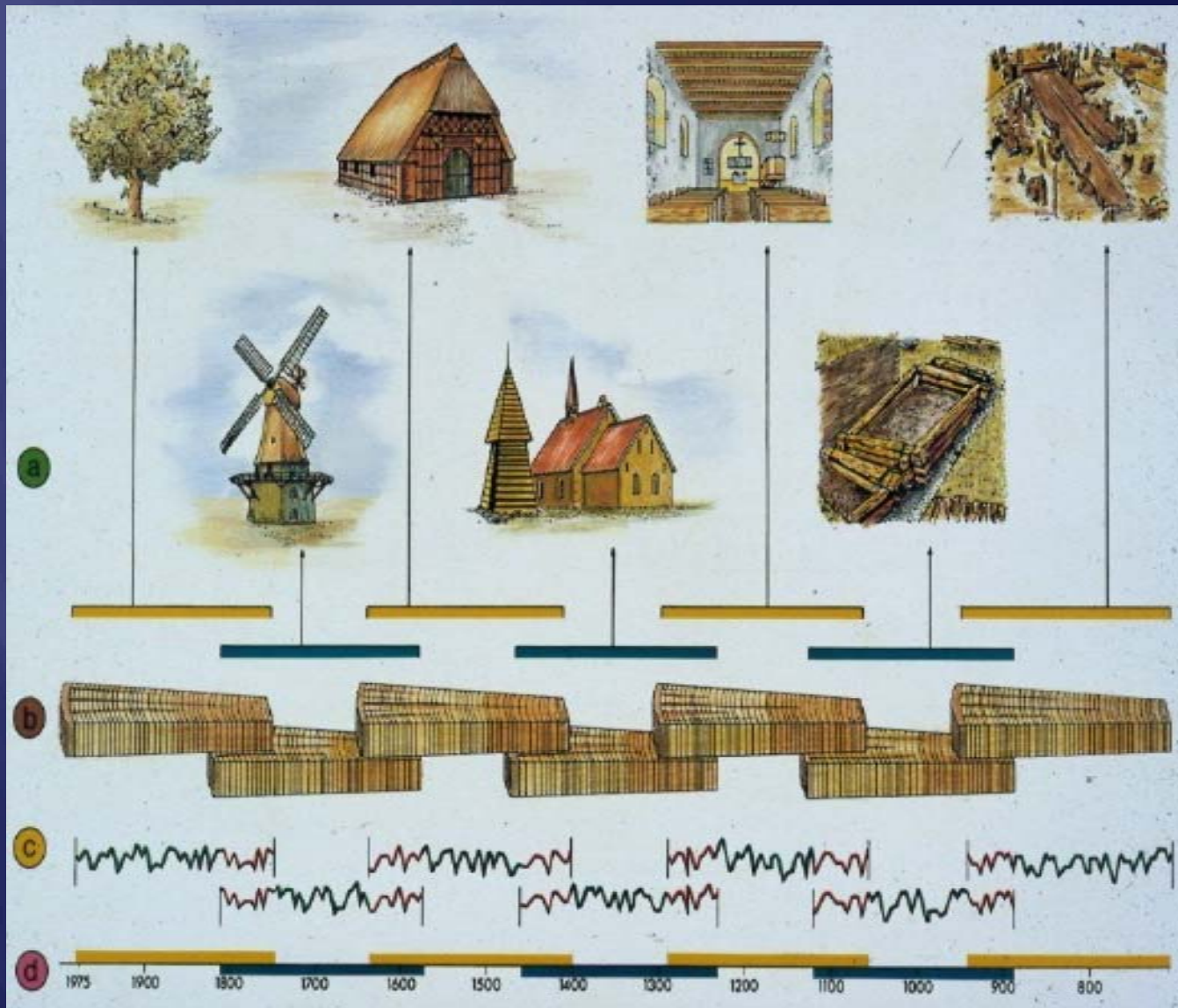


# Znane „poprawki”

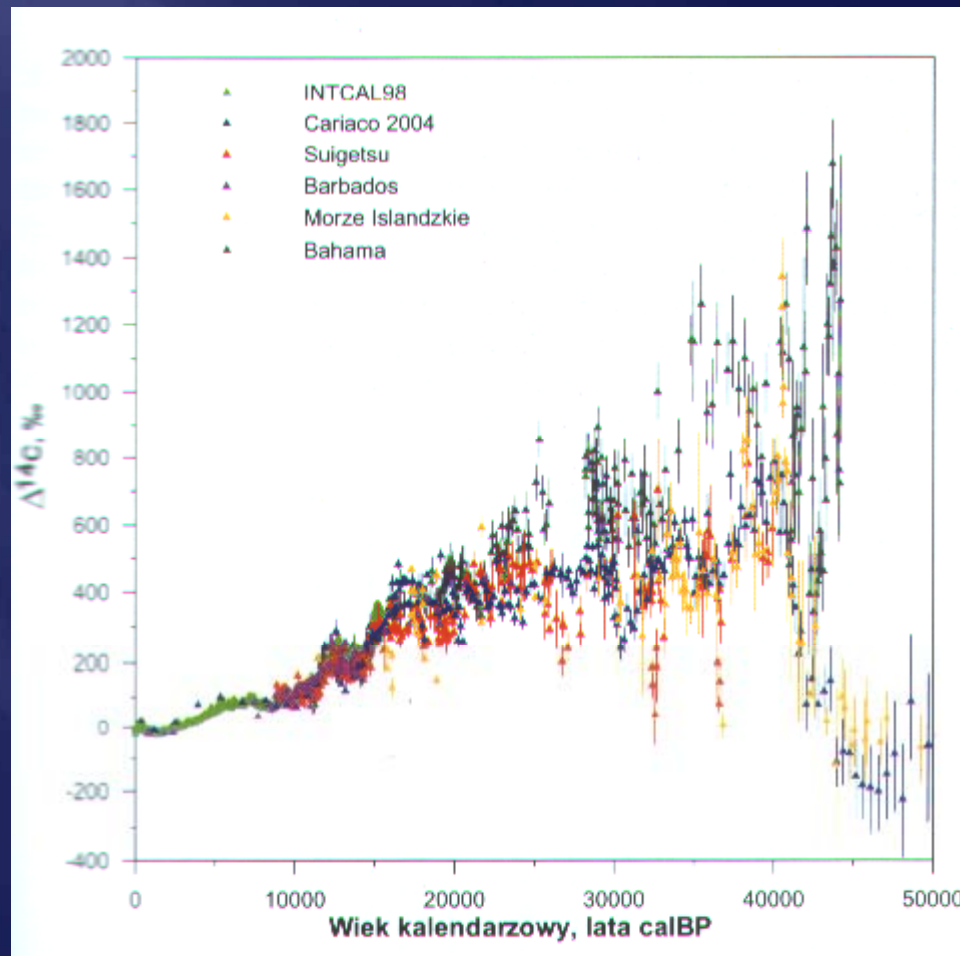
- ▣ Przemysłowa
- ▣ Na wybuchy termojądrowe
- ▣ Na leżenie w wodzie
- ▣ ...

- ▣ Krzywa kalibracyjna uzyskiwana z drzew

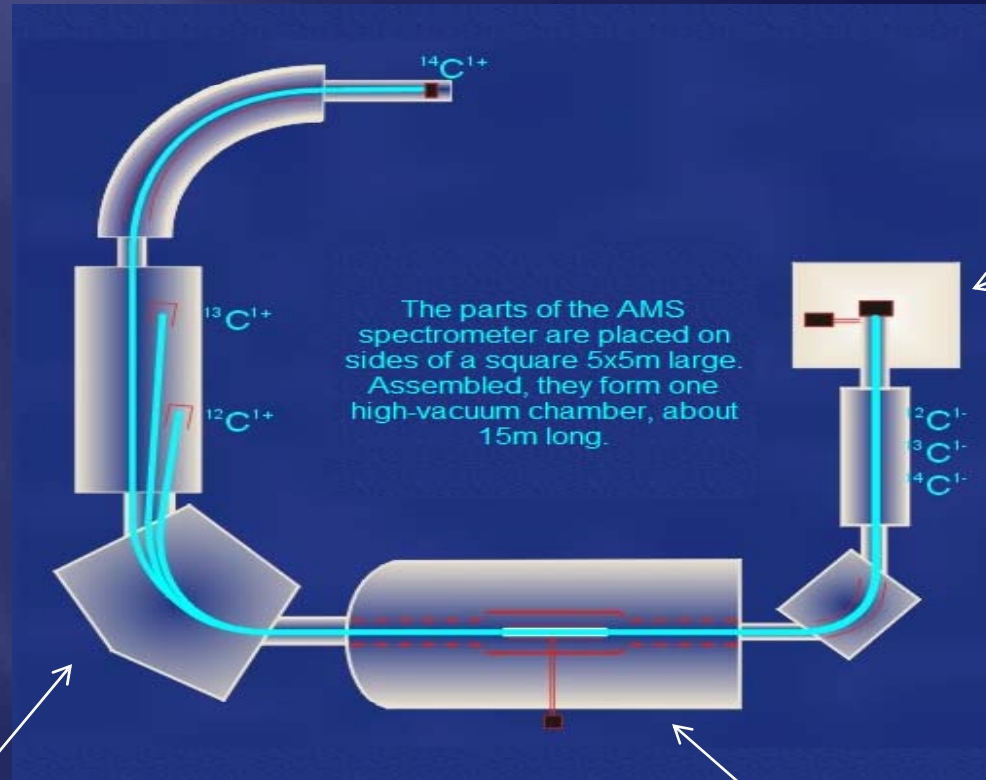




# Względne naturalne zmiany koncentracji izotopu $^{14}\text{C}$ w atmosferze



# Jak mierzymy ?



Źródło /próbka/

Magnes analizujący

Akcelerator

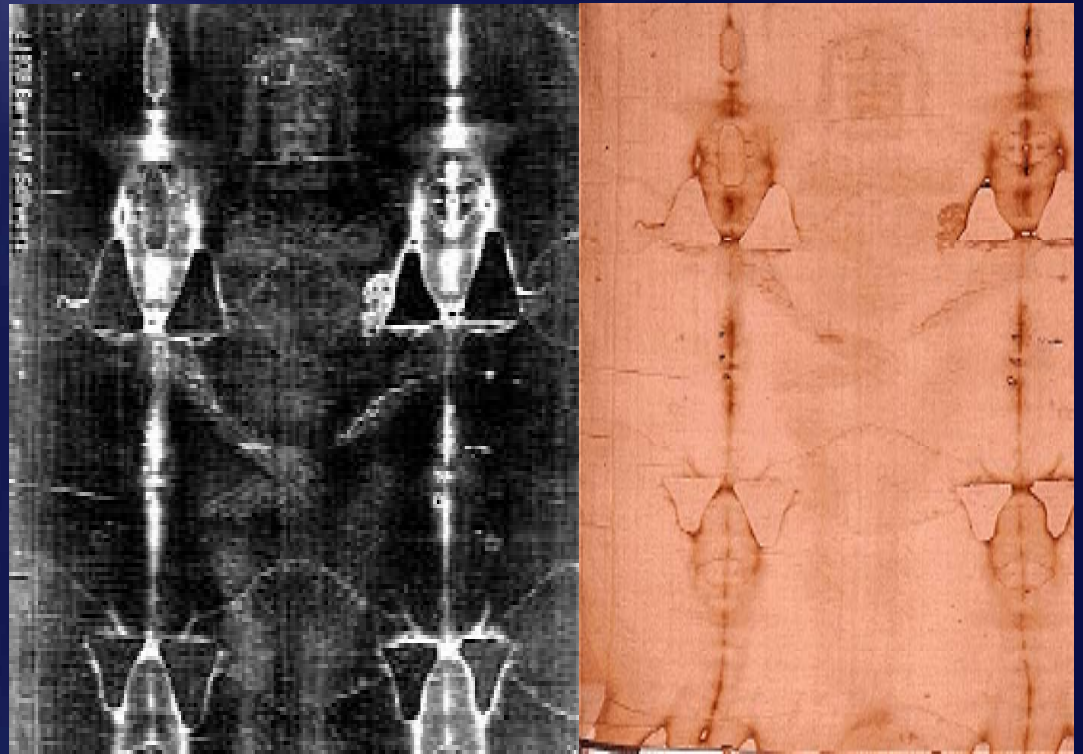
Poznańskie Laboratorium Radiowęglowe

2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ

## Najstłynniejsze 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 daleko od łat i przepaleń
- ▣ z wycinka otrzymano **trzy oddzielne próbki**
- ▣ analogicznie przygotowano i zapakowano po trzy **próbki kontrolne** z eksponatów muzealnych
- ▣ zestawy po cztery kontenery przekazano do laboratoriów, które nie znały numeru pojemnika z próbką Całunu
- ▣ wszystkie operacje przygotowywania prób dokumentowano na video i fotografowano

# 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 ?

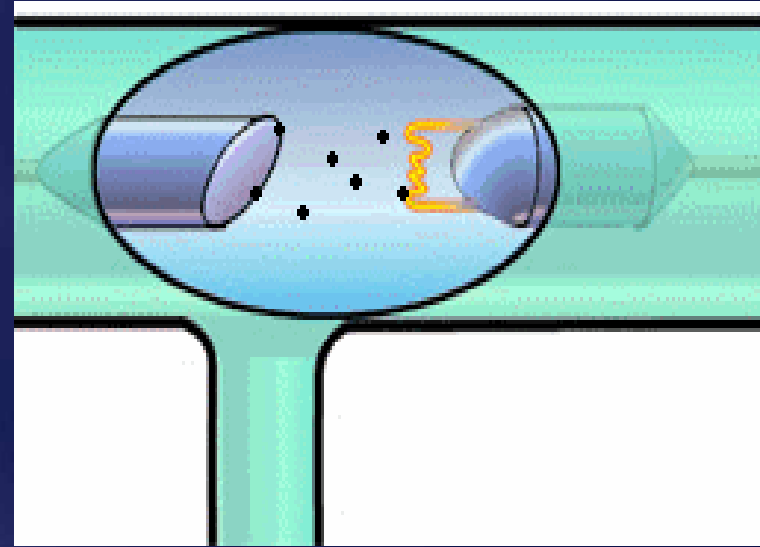
- ▣ Próbki kontrolne dość "sterylnych" warunkach - nie narażone na zanieczyszczenia
- ▣ Najbardziej narażone na zanieczyszczenia są tkaniny zbudowane z włókien o średnicy mikronów - ich powierzchnia wystawiona nadziałanie zanieczyszczeń jest olbrzymia
- ▣ Materiały lniane poddane wysokim temperaturom 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***

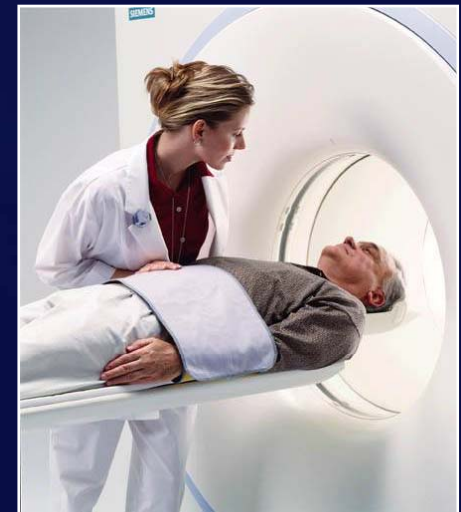
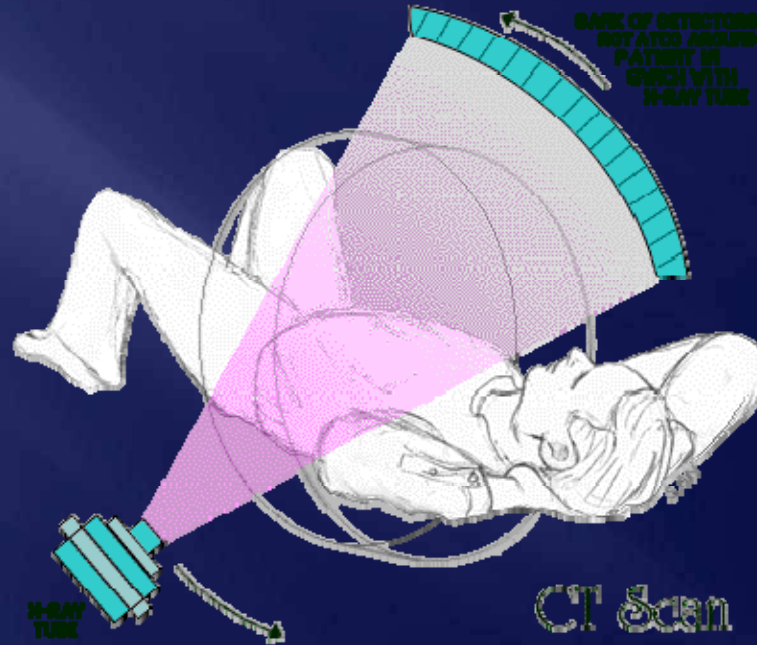
From D. Robin

2009-04-06

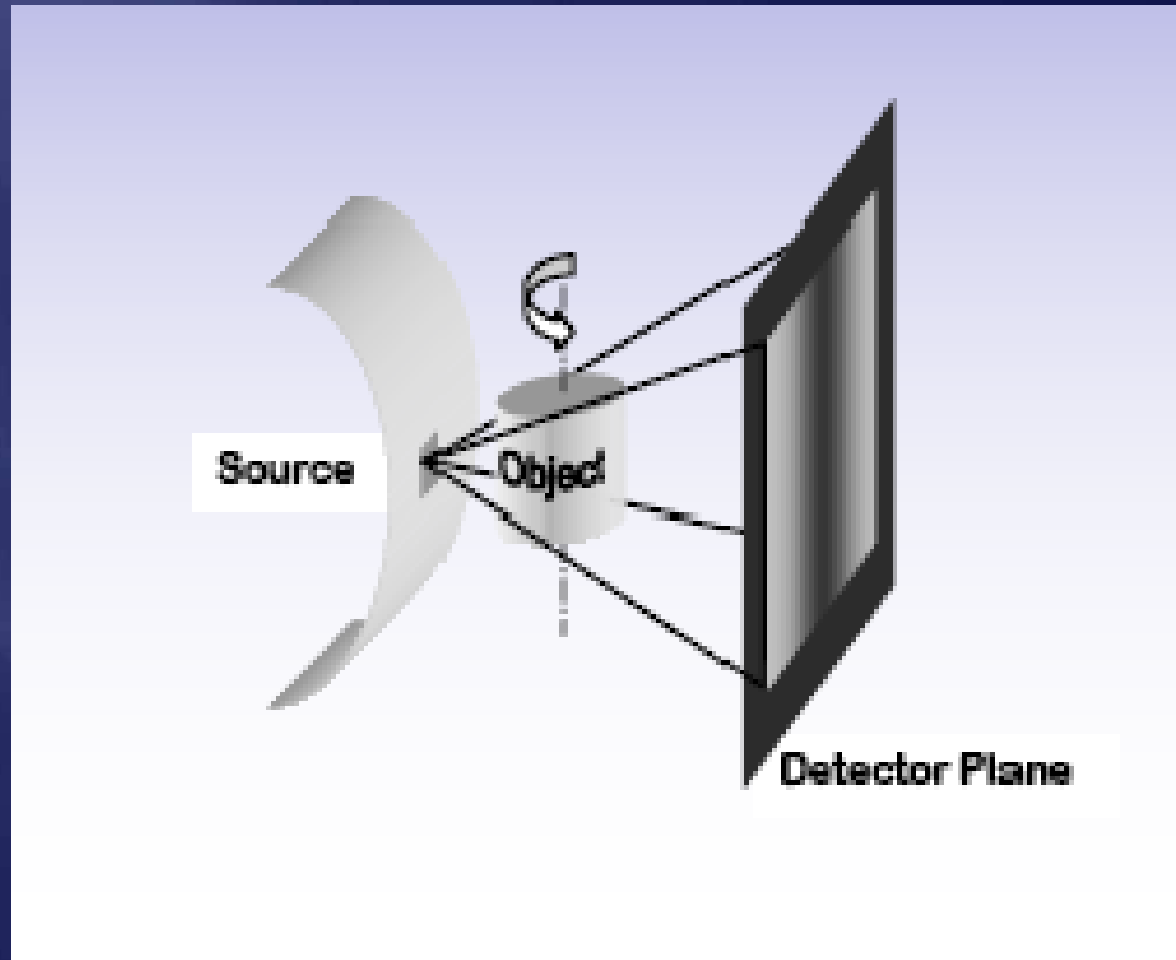
dr Sławomir Wronka, IPJ



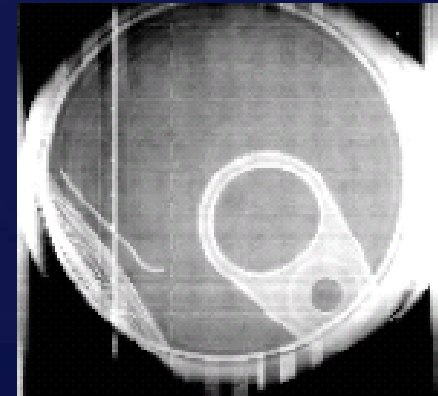
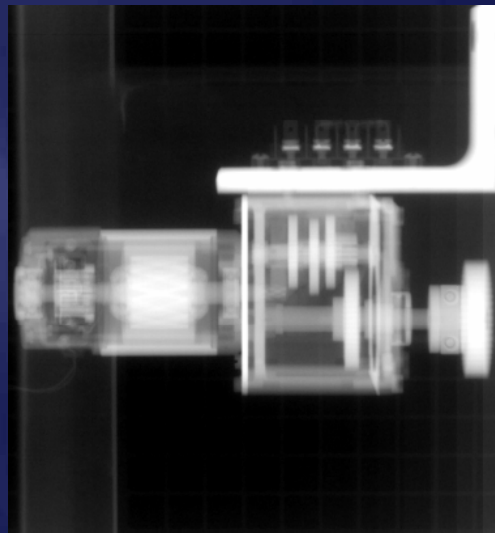
# Tomografia komputerowa - CT



# Radiografia /radioskopia/



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



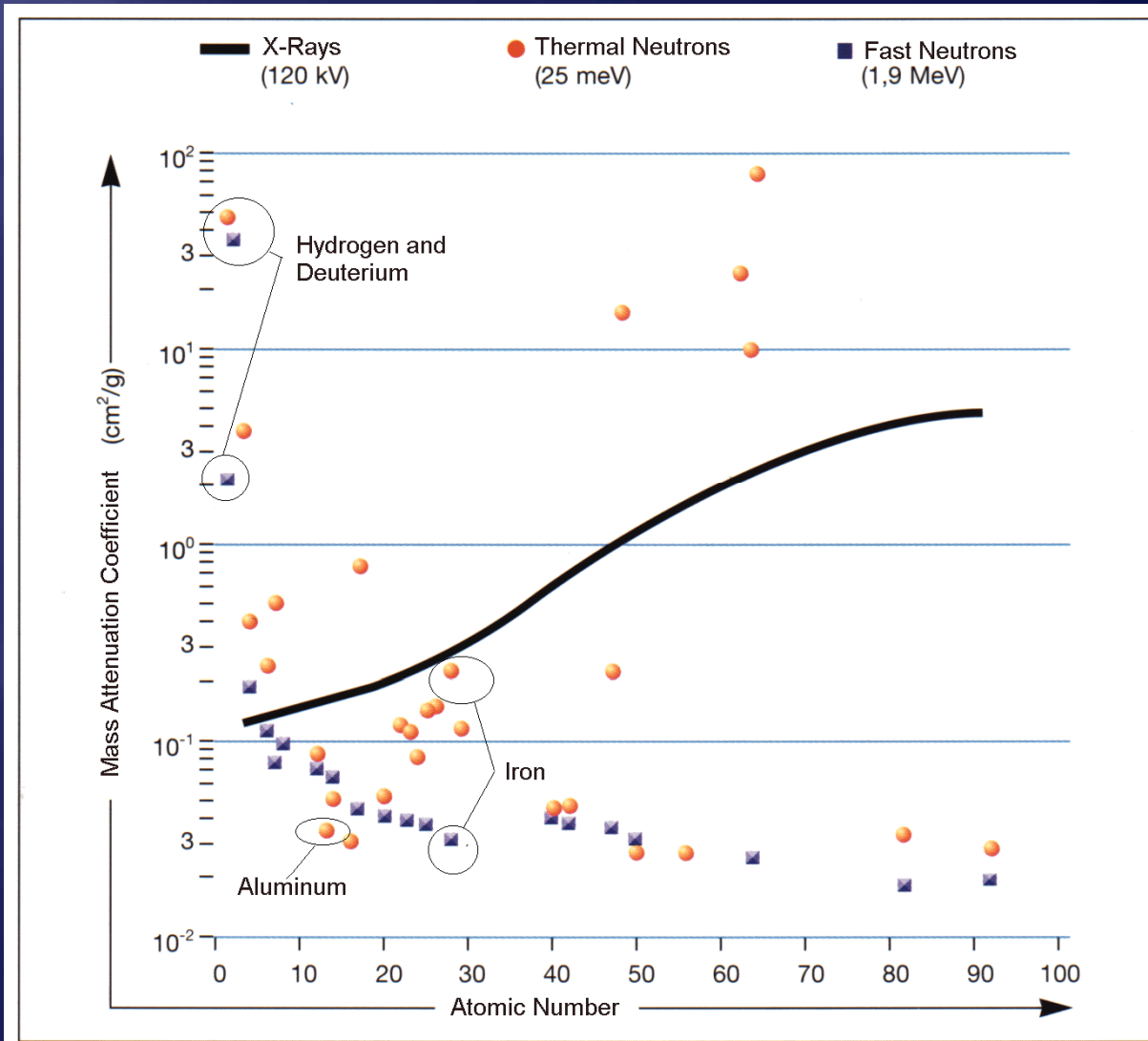
[www.bioscan.ch](http://www.bioscan.ch)



2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ

# X vs neutrony



# Radiografia neutronowa





# Przykład

B. Schillinger

TUM

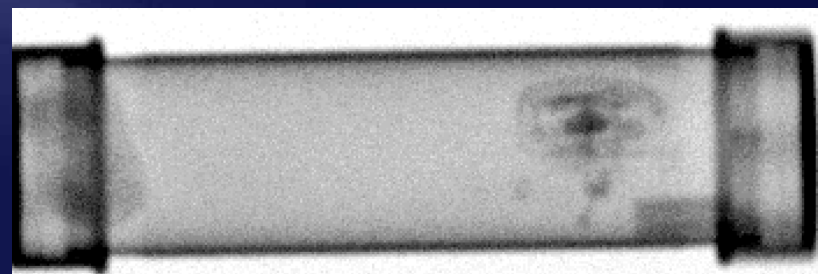
obiekt



*promienie X - 150 keV*



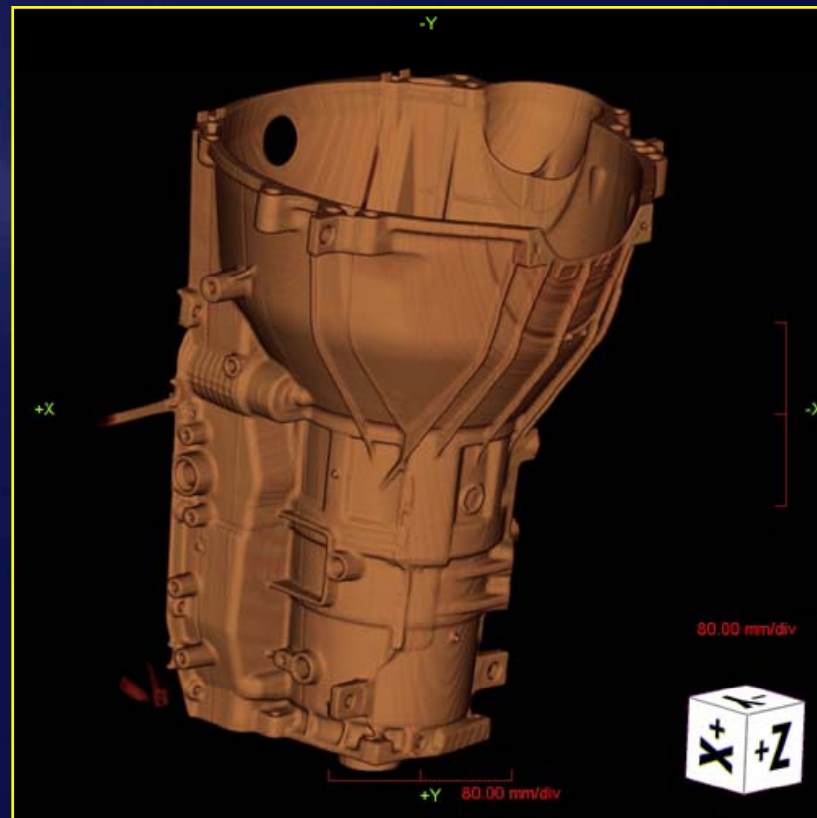
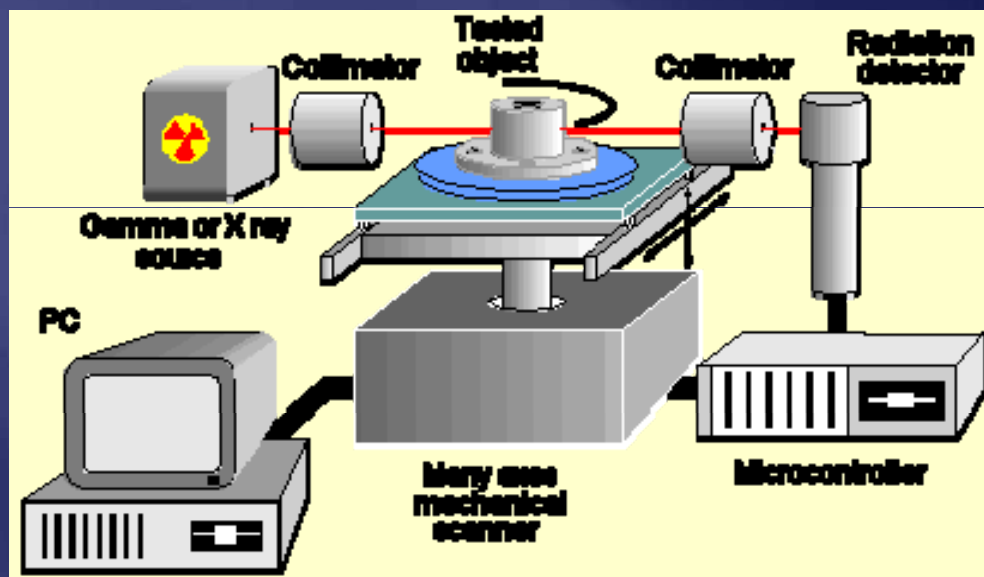
*promienie  $\gamma$  - 1.25 MeV*



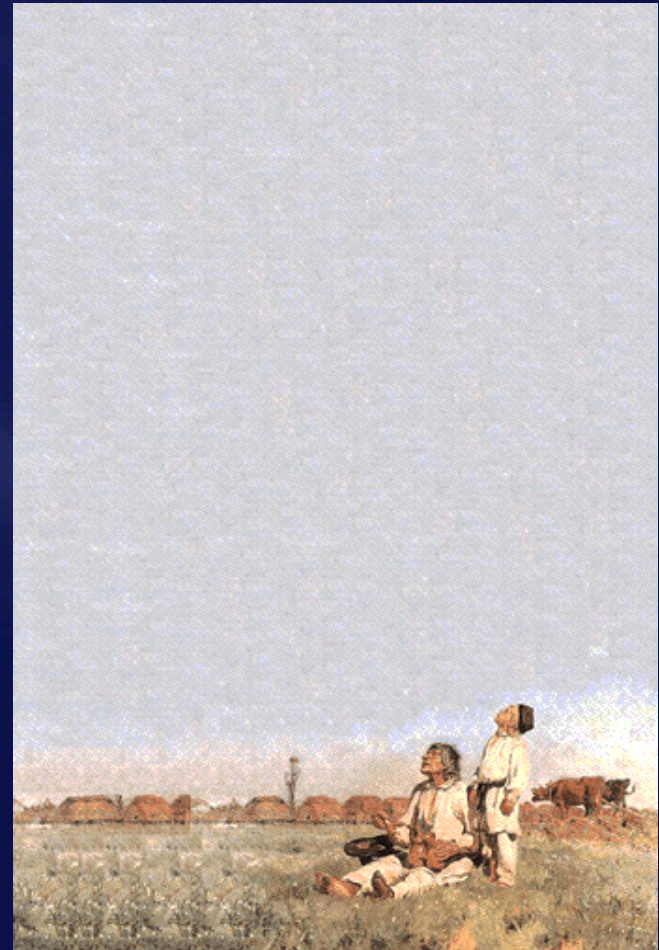
*neutrony termiczne*



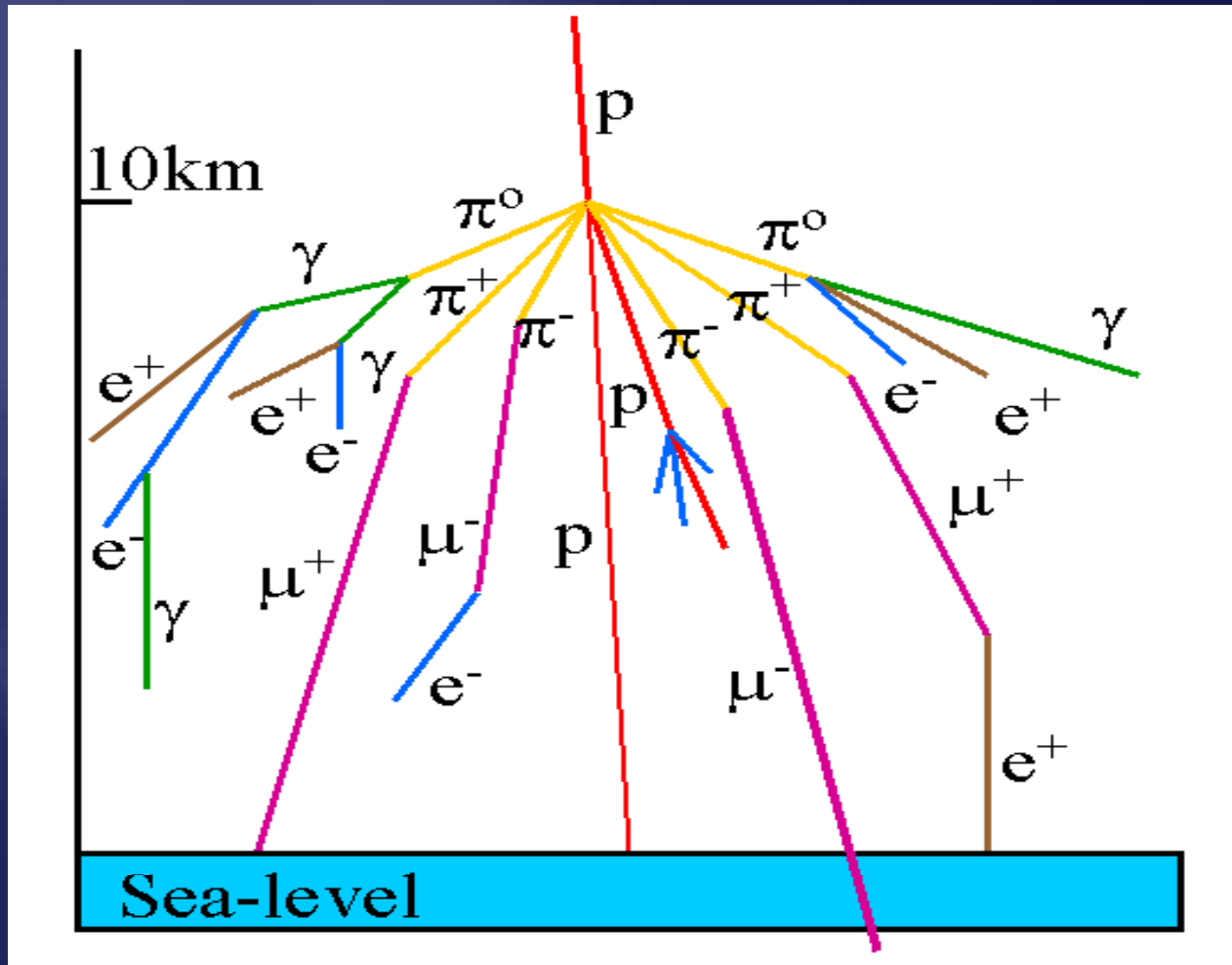
# Krok do przodu – tomografia przemysłowa



# Radiografia mionami i neutrinami

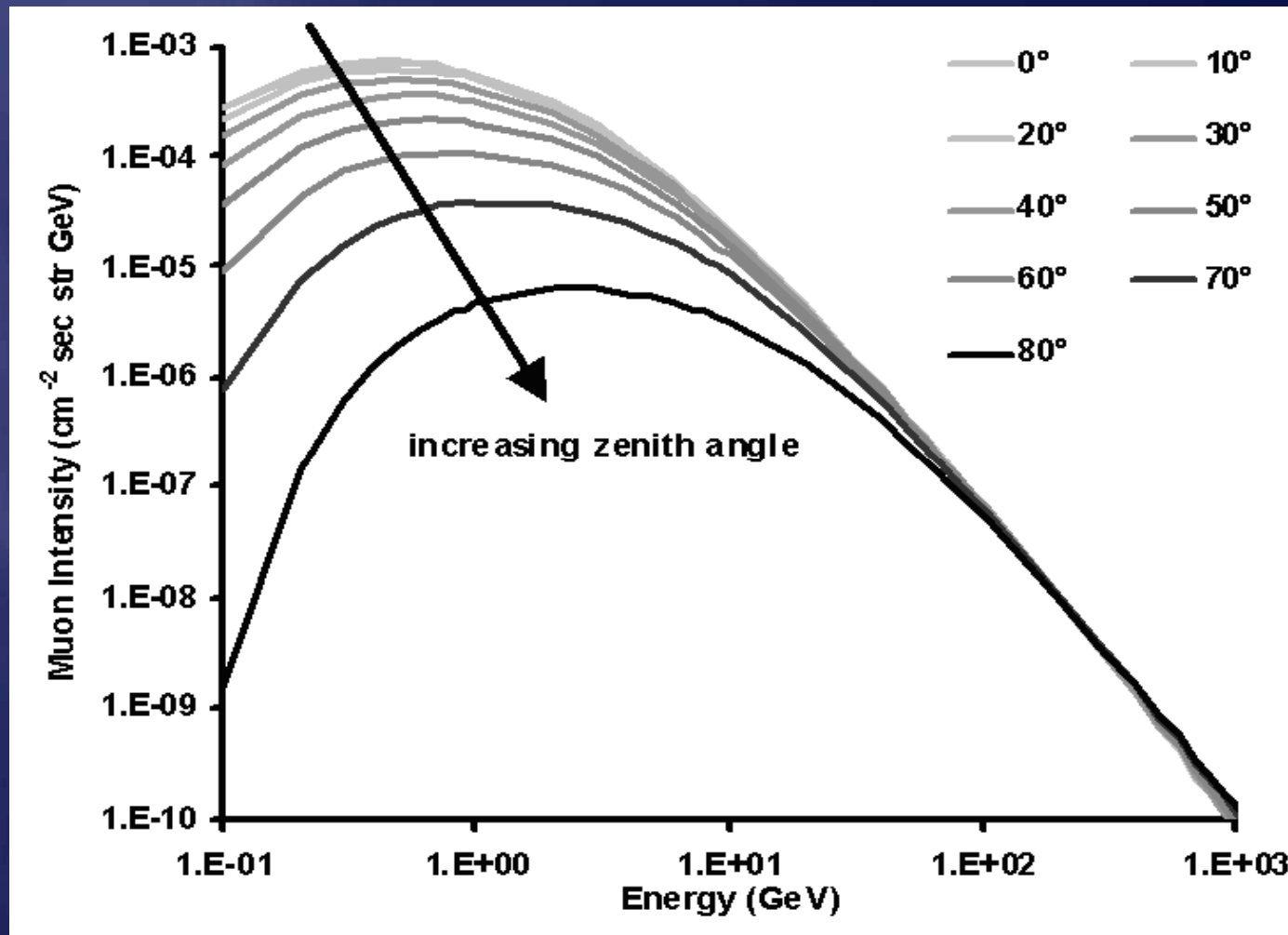


# Deszcz promieniowania kosmicznego



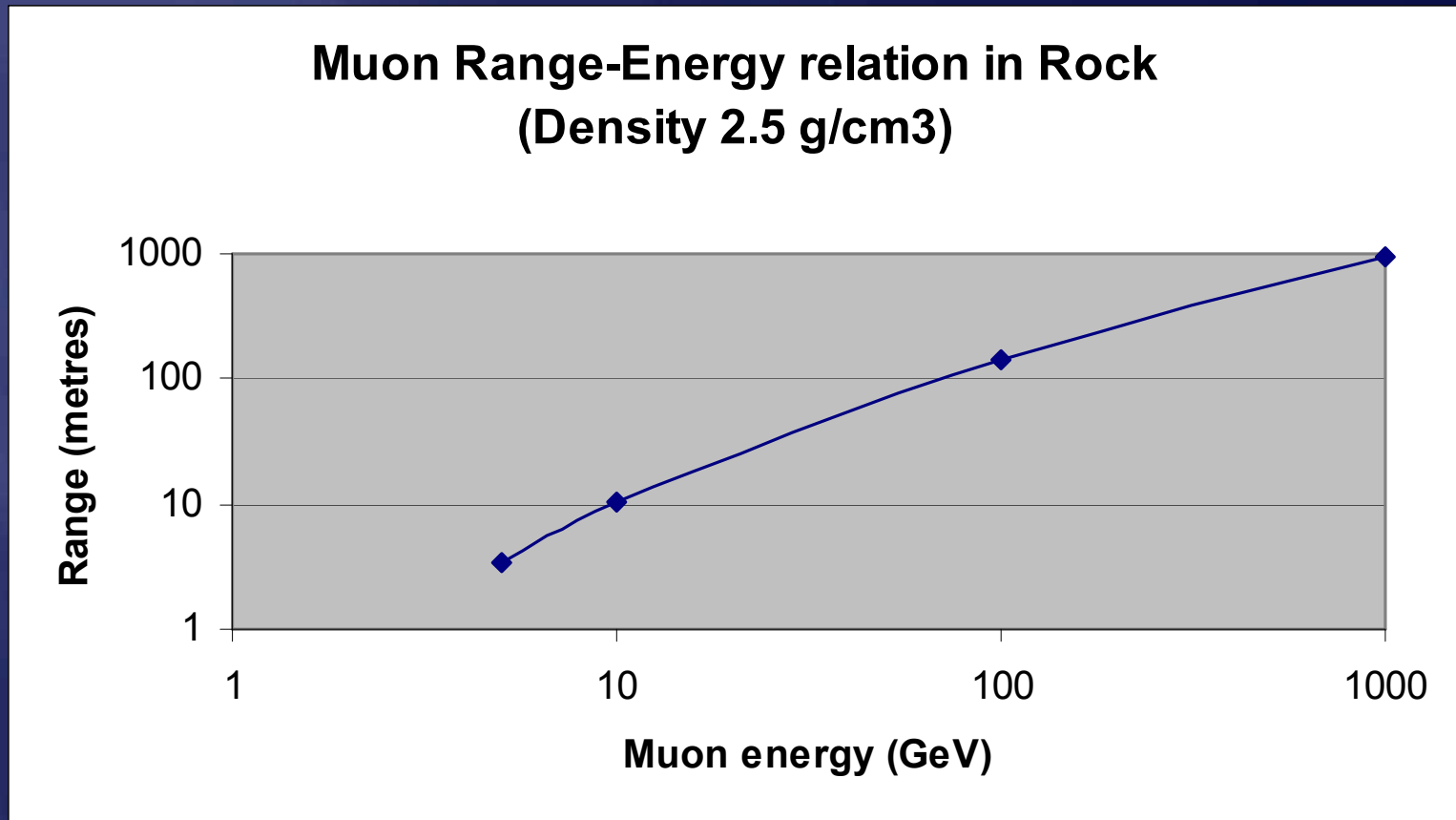
Sea level muon intensity  
 $10,000 \text{ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$

# Cosmic Ray Muon Spectra



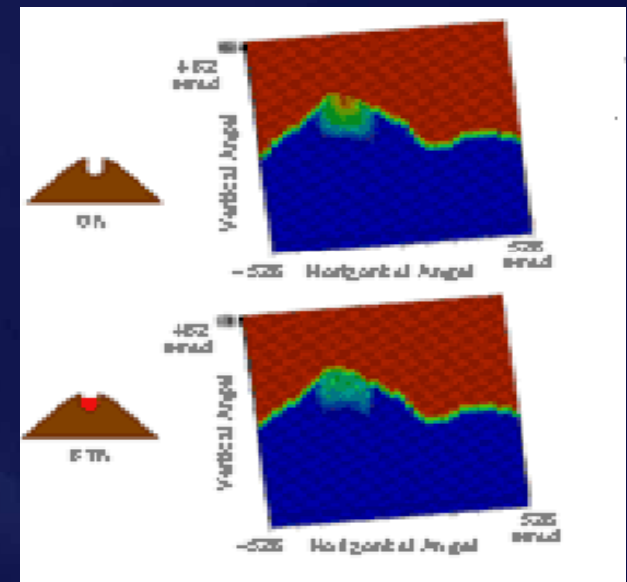
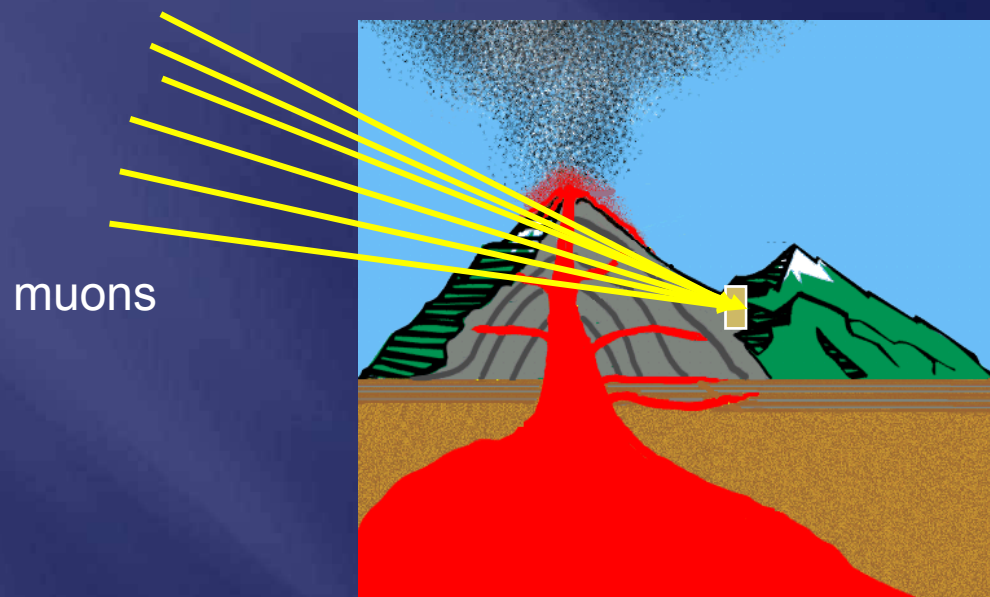


# Muon Range versus Energy



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

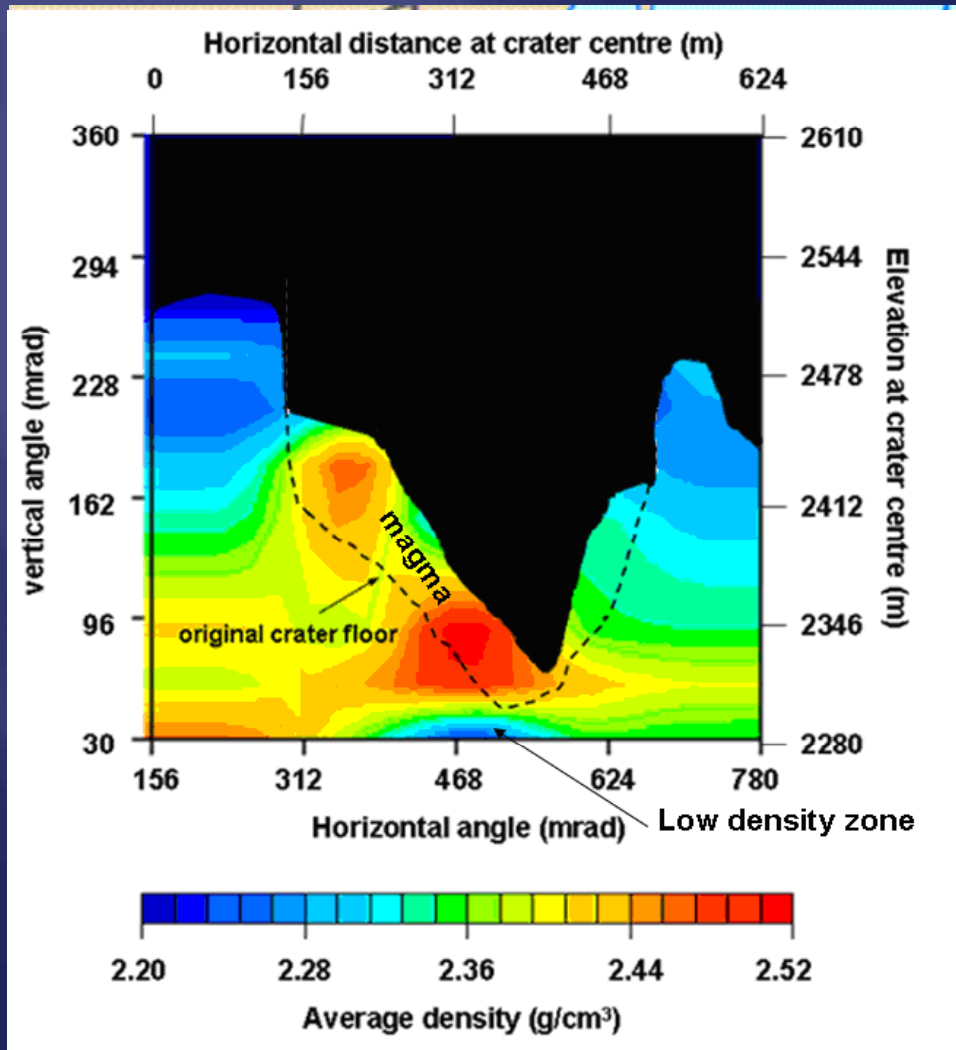
# Radiografia mionowa aktywnego wulkanu



**Mt. Asama**

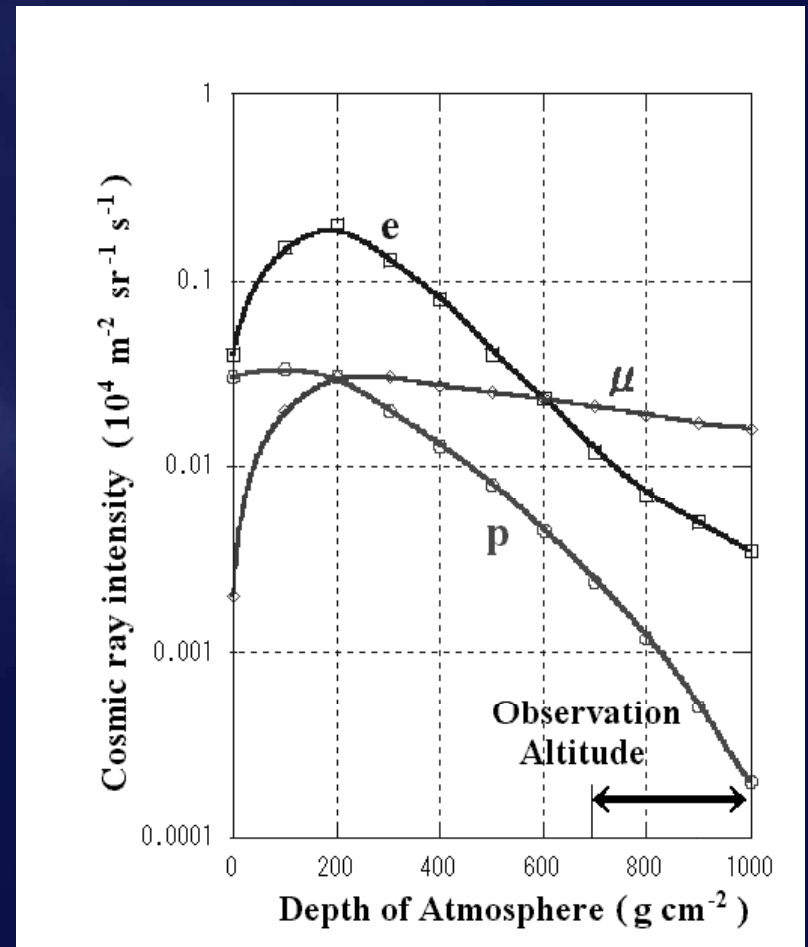
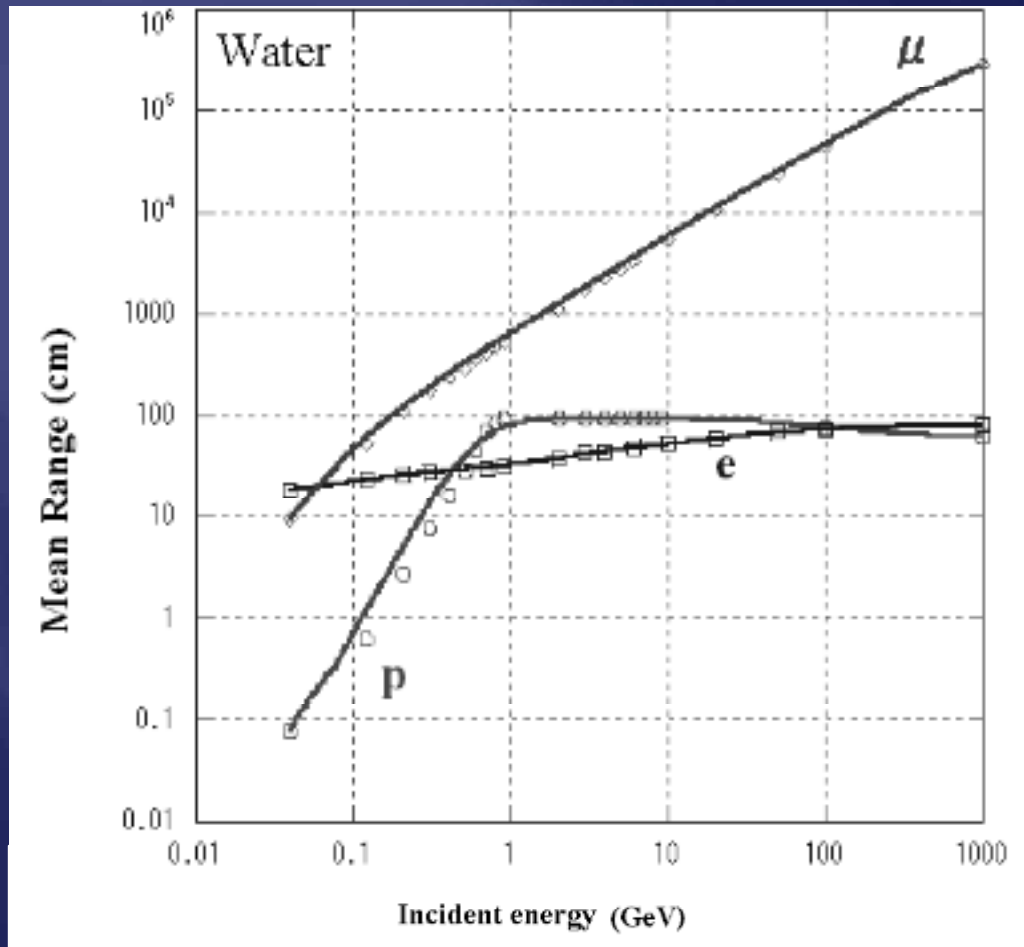
**Mt. Iwate – Japonia**

# Mt. Asama



H.Tanaka

# Dlaczego miony ?



# Czy to bajka ?



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



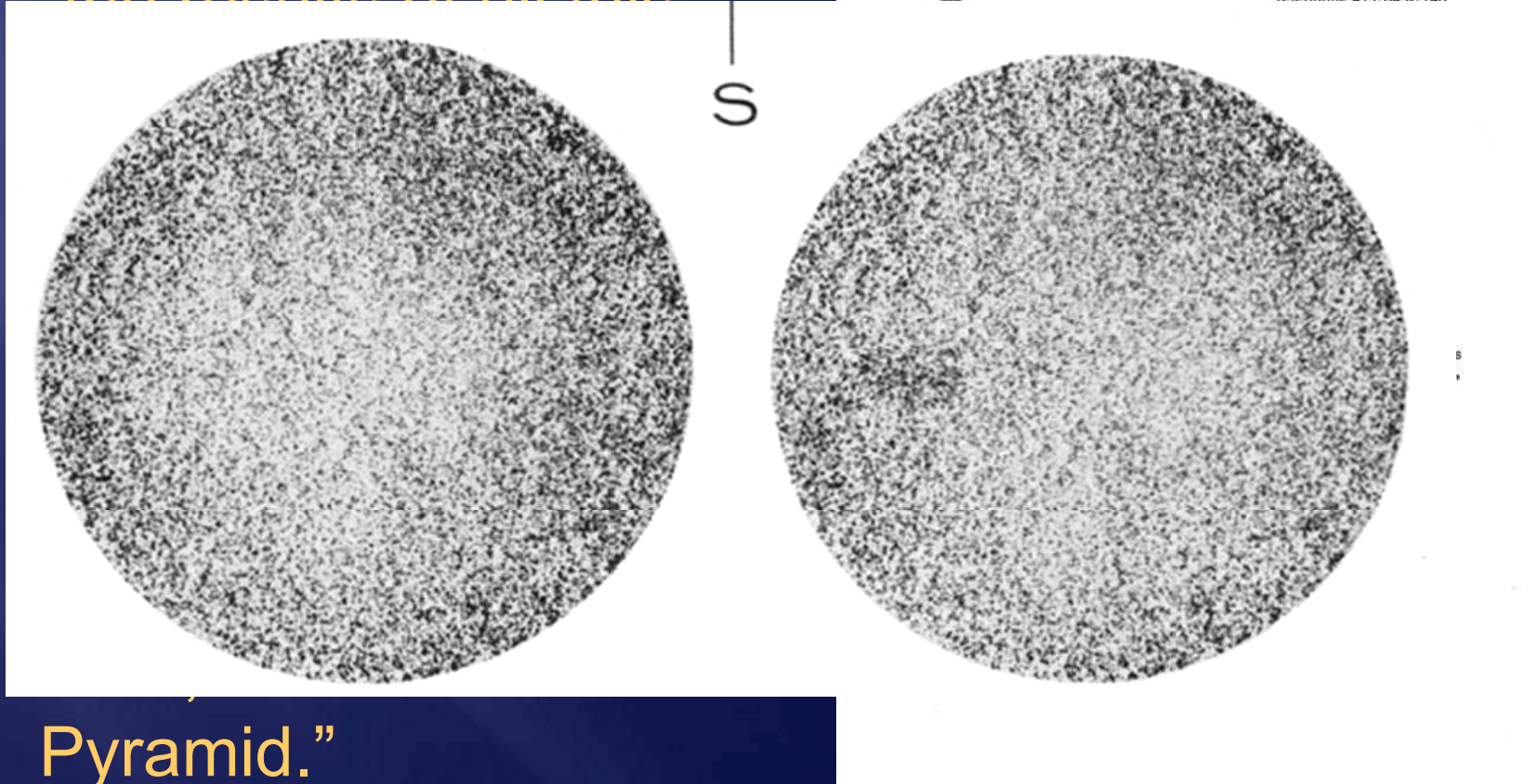
# Metoda

- ▣ 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



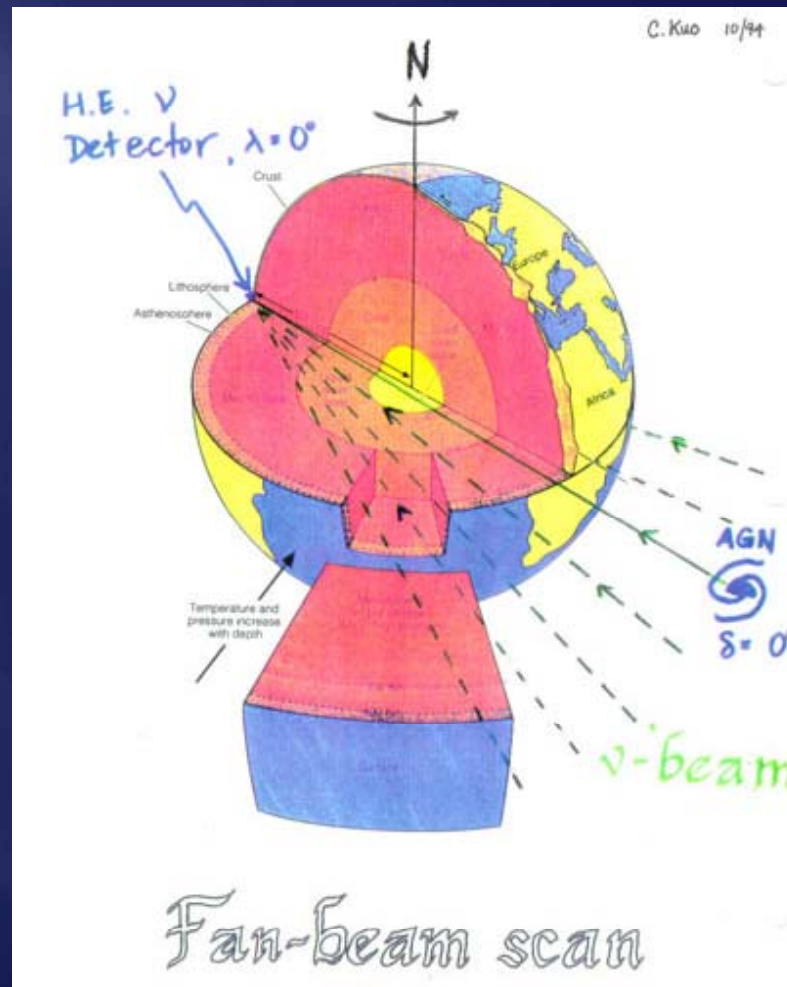
# Badania są kontynuowane



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.

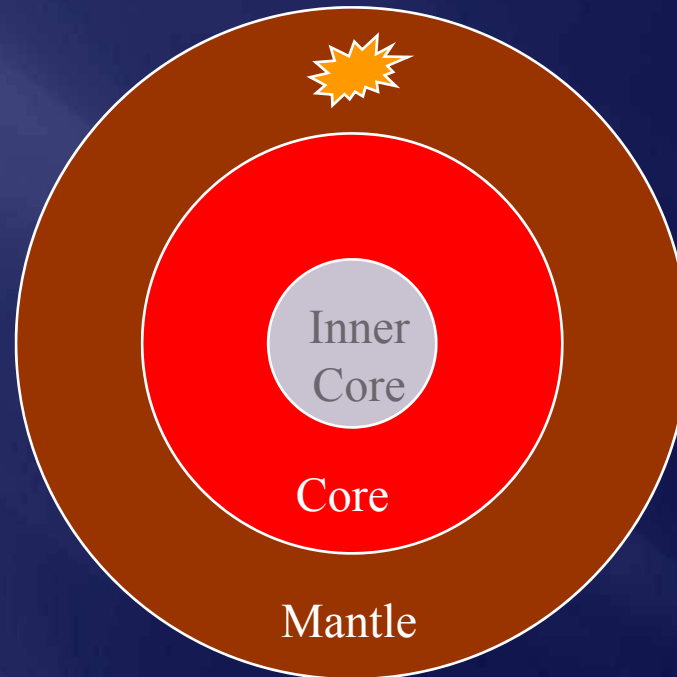
# Tomografia neutrinowa !



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



# Tomografia neutrinowa

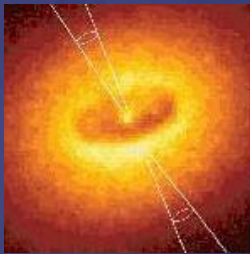


- ▣ Neutrino oscillation tomography (NOT)
- ▣ Neutrino absorption tomography (NAT)



# 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

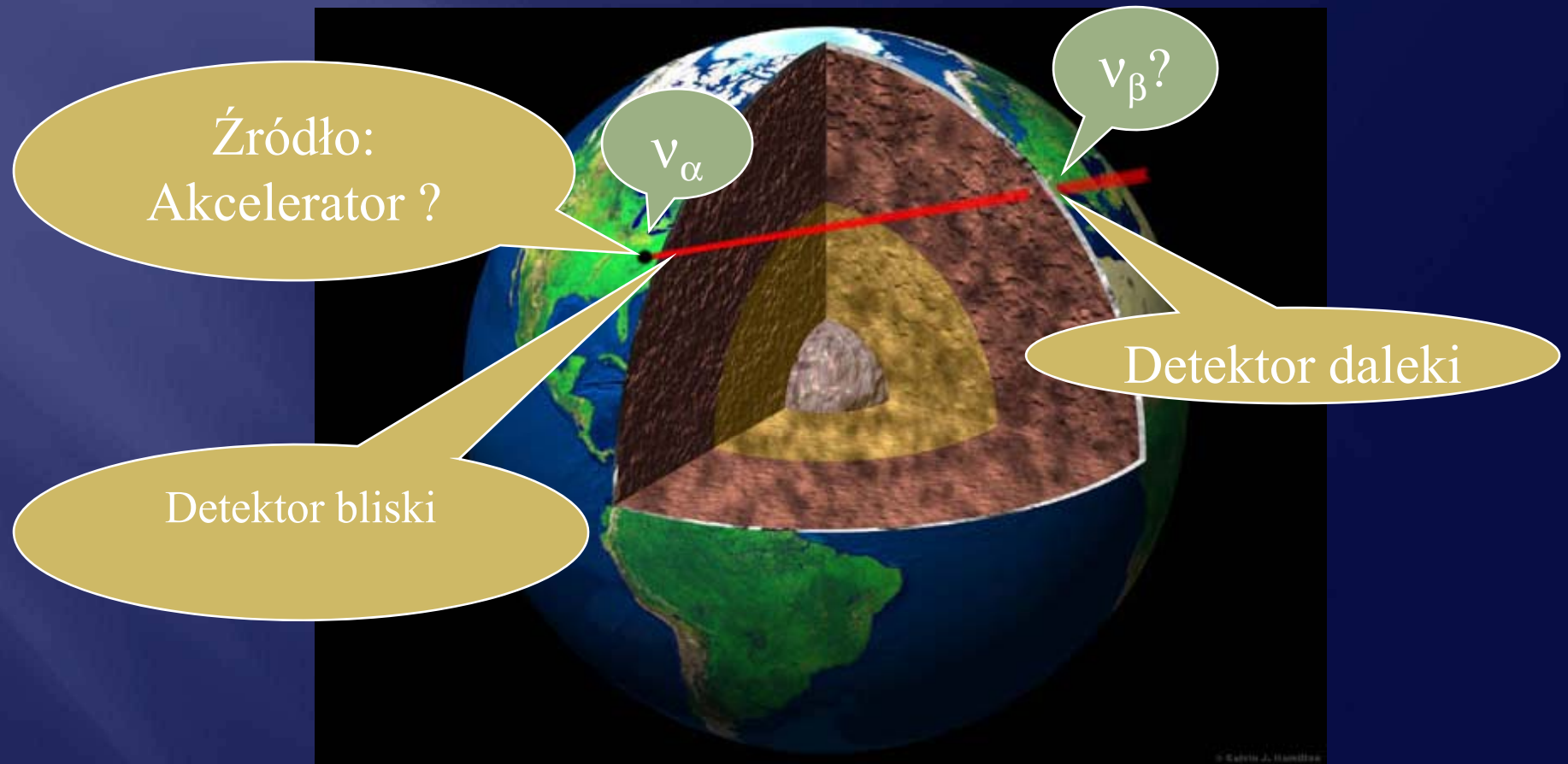
Neutrino  
detection



- Deep- sea neutrino detectors
- Moving detectors?

Walter Winter

# Neutrino oscillation tomography (NOT)



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

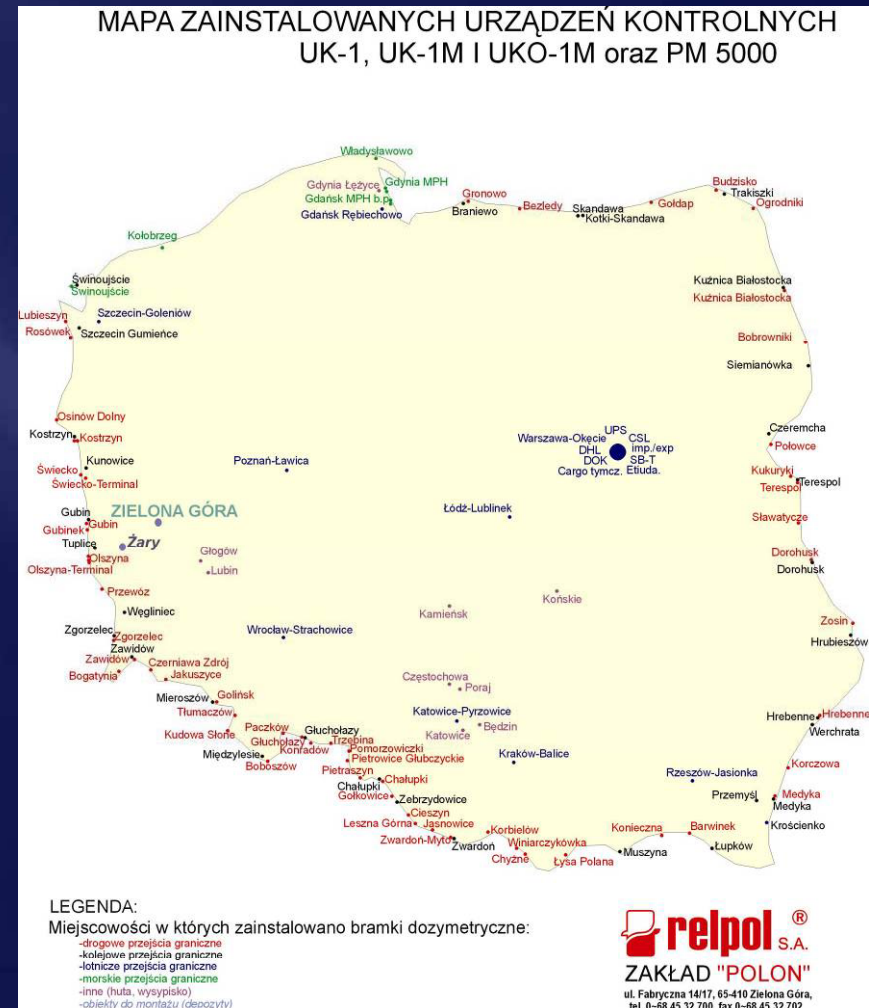
# Bezpieczeństwo

- ▣ 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



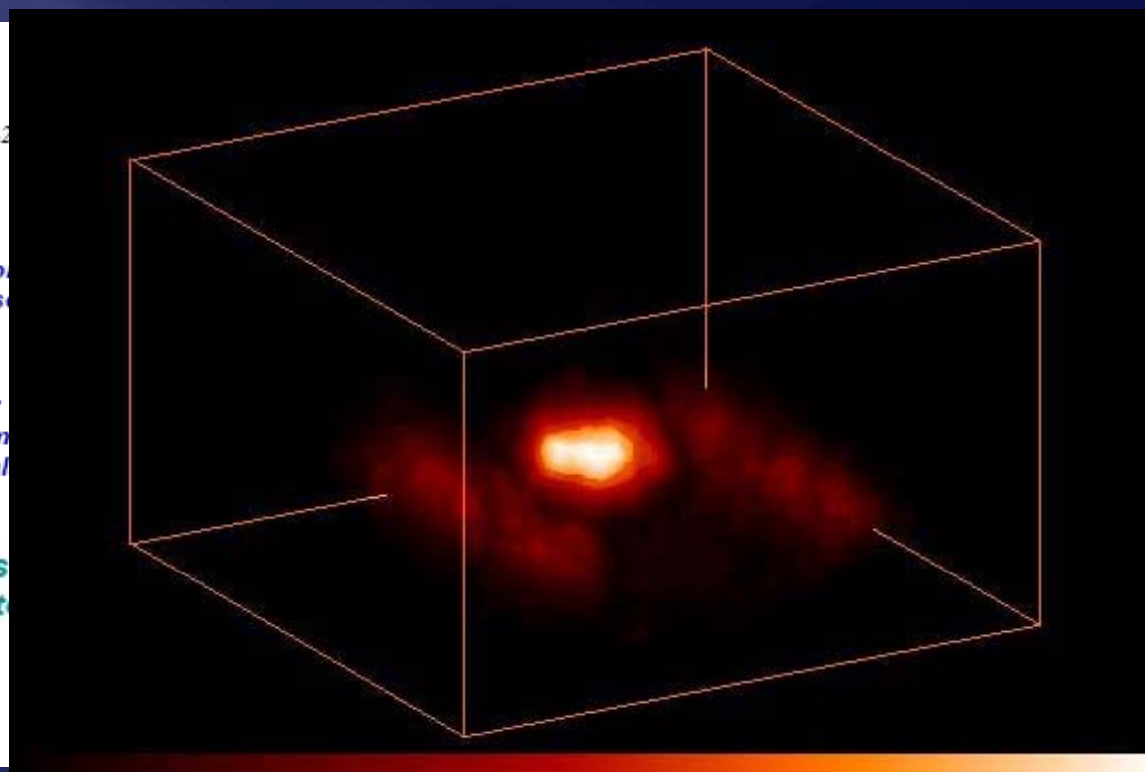
# Koncepcja wykrywania za pomocą mionów

*Muon flux ~ 1 cm<sup>-2</sup>*

**Objective:**  
*penetrating radiography  
no artificial dose*

**Application:**  
*Prevent illicit movement  
nuclear material*

*The heavier the substance  
the easier the detection*



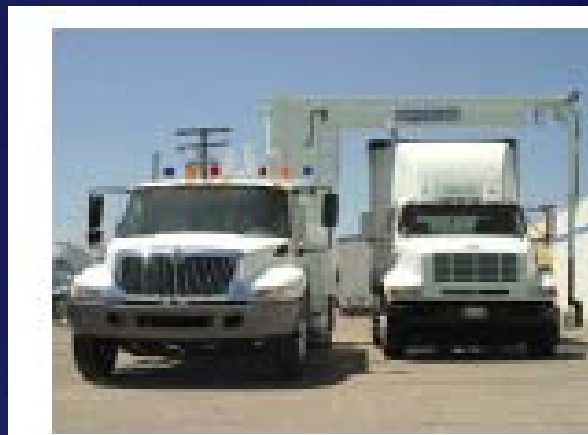
Los Alamos National Laboratory

2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ



# Technika radiografii X

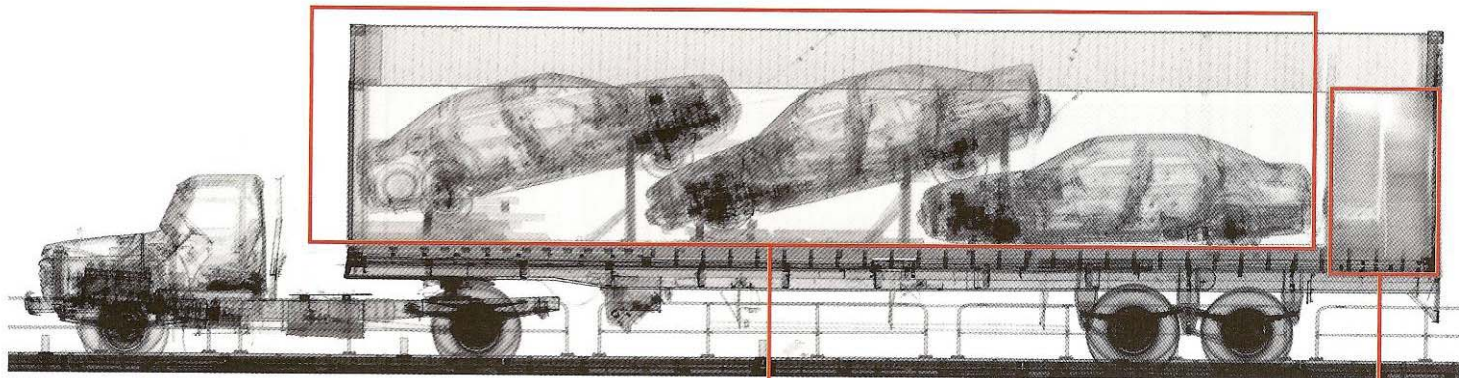


# Technika radiografii X



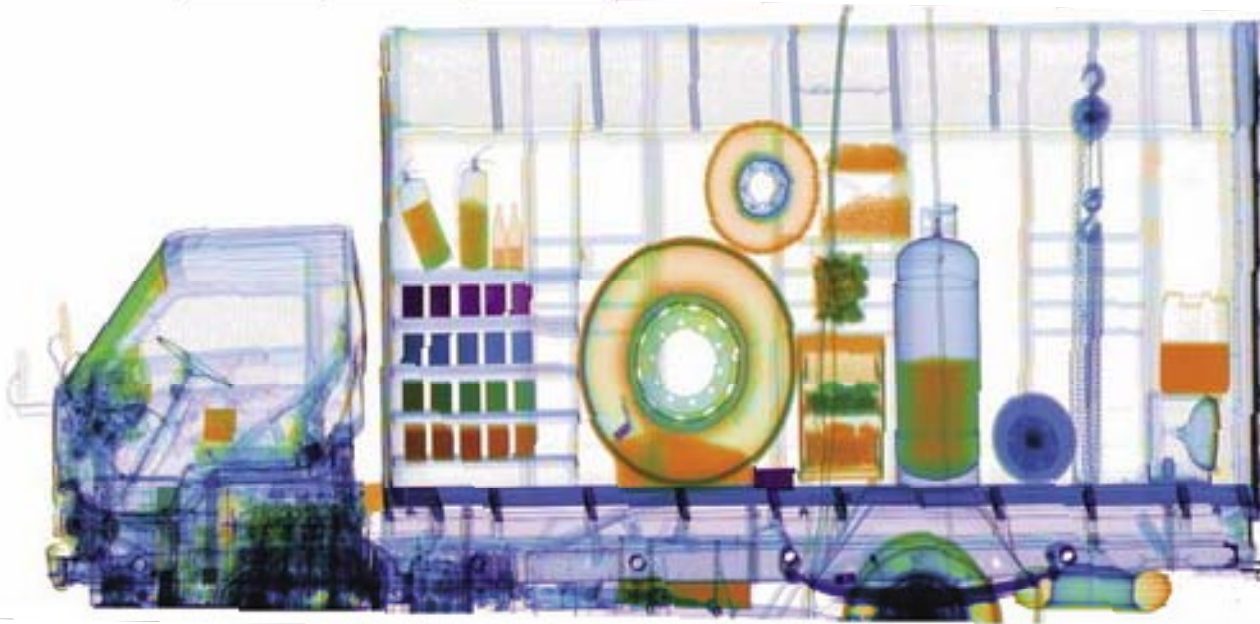
2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ



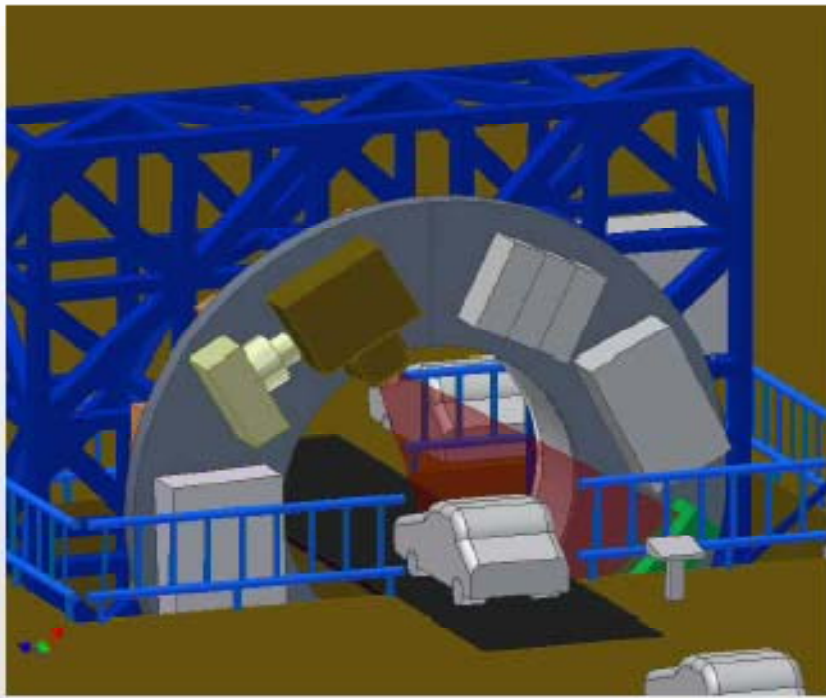
3 sets of smuggling cars  
三輛走私小車

Declared Goods: Carpets  
申報貨物：化纖地毯



# Przyszłość ?

Whole Car CT



BIR

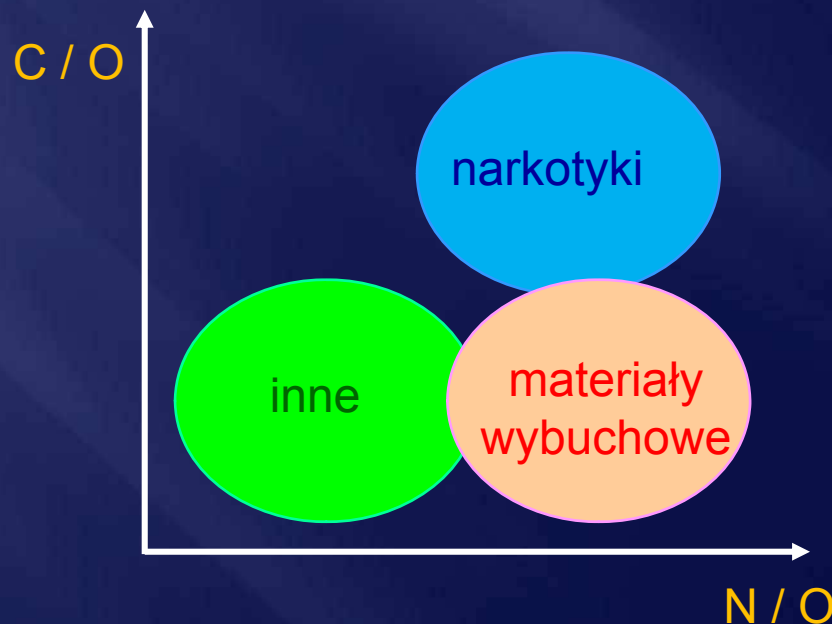
# Wykrywanie materiałów niebezpiecznych





Skład chemiczny typowy dla 3 grup materiałów:

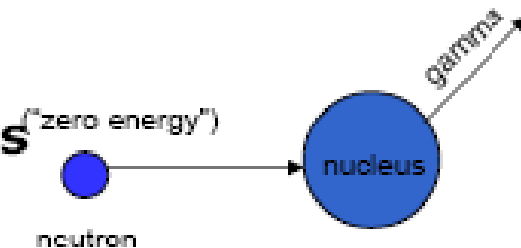
1. Materiały wybuchowe => duża zawartość azotu (normalizowana do O)
2. Narkotyki => duża zawartość węgla i N (normalizowana do O)
3. Inne => mało C i mało N (normalizowana do O)



# Neutron Inspection

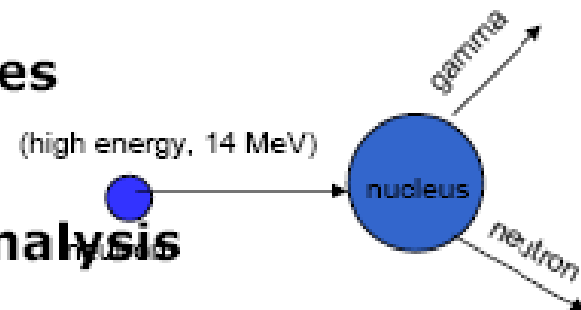
- **TNA<sup>®</sup>** – Thermal Neutron Analysis

- “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



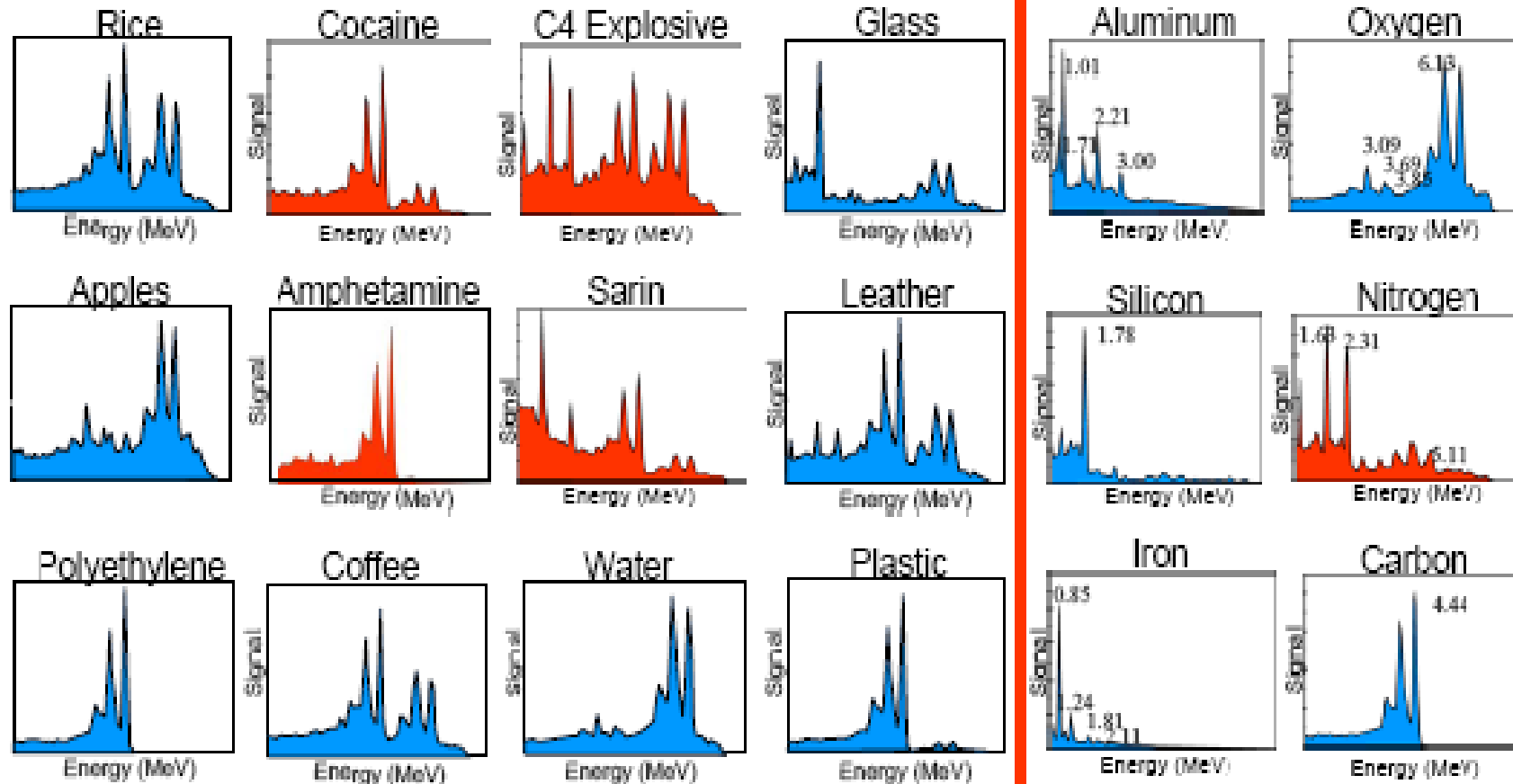
- **PFNA<sup>™</sup>** – Pulsed Fast Neutron Analysis

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

# PFNA Material Signatures

Materials

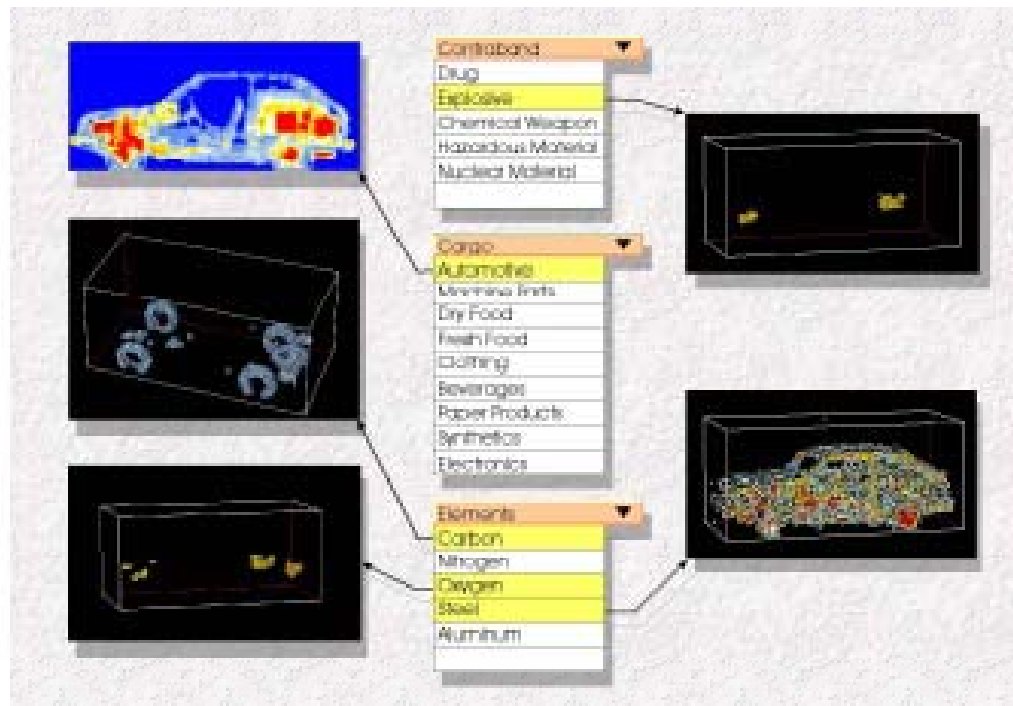
Elements



The elemental signals combine to give unique material signatures

# Elemental Imaging and Detection

## Explosives in Automobile



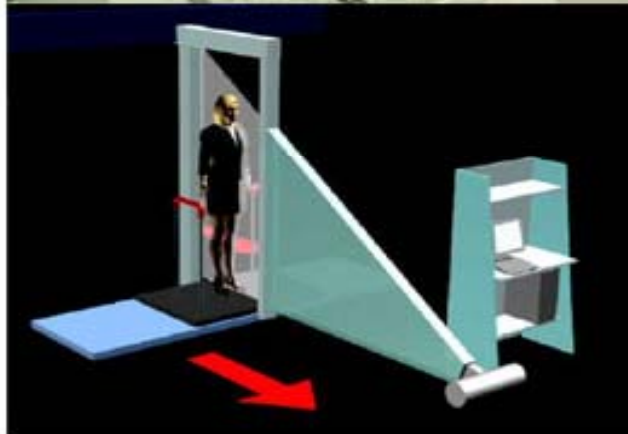
- ACI produces 3-D elemental maps showing recognizable features of automobile
- Combinations of elemental signatures are used to detect explosives

Software interface for object detection in an X-ray image of a car. The main window displays a grayscale X-ray of a car with red lines connecting labels to detected objects. The labels are: Battery, Engine, Sugar, Water Containers, Tire, Fuel, Motor Oil, and Explosives. The interface includes a menu bar (File, Window, Image, View, Top, Standard, Analysis, Report, Help), a toolbar with various icons, and a status bar at the bottom.

On the right side, there is a 'Threshold' panel with a vertical slider and a 'Definitions' panel with a small image. The status bar at the bottom shows: 'Transverse\_NA\_NEUTRON\_Slice\_Mean', 'Active Slice: Left Slice:0 Pos: 1.500', and 'Attenuation or none'.

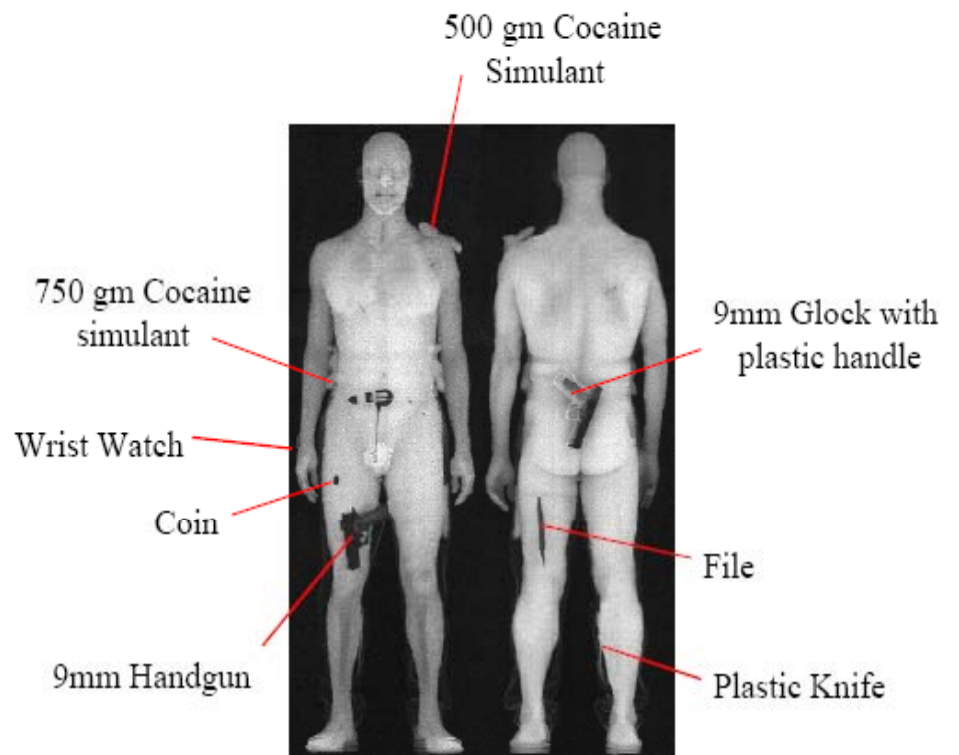


# Kontrola osób

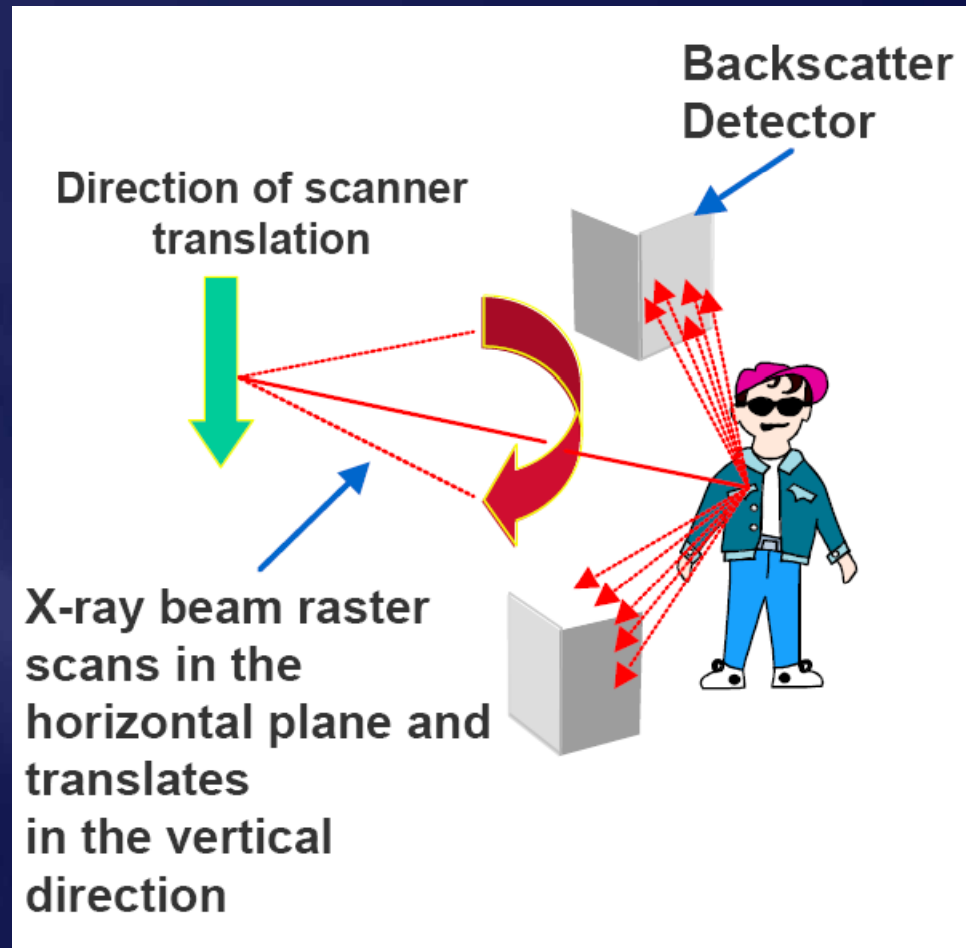
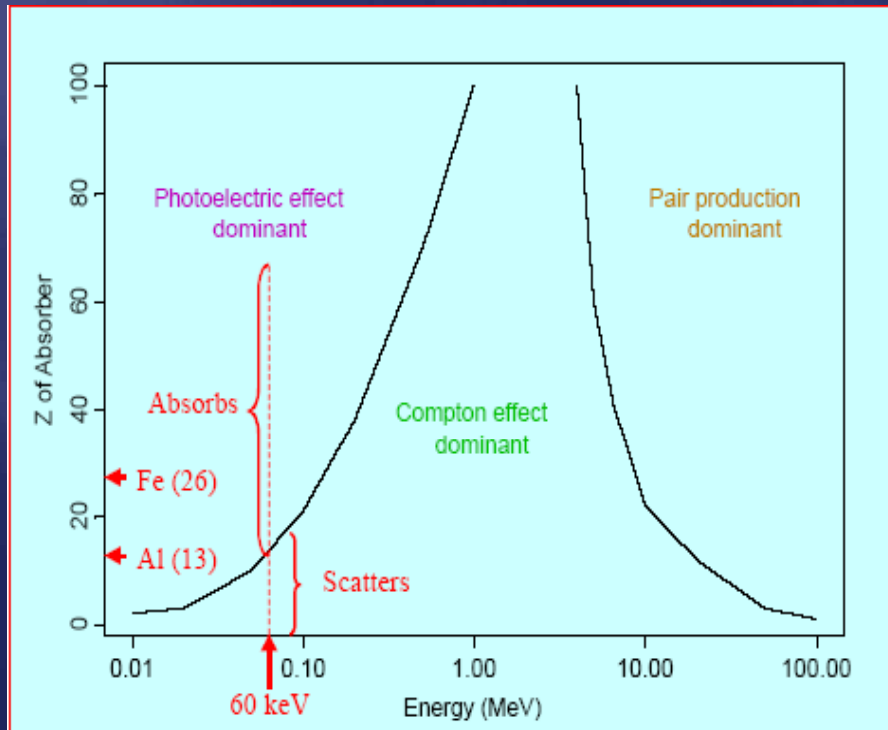


# Kontrola osób

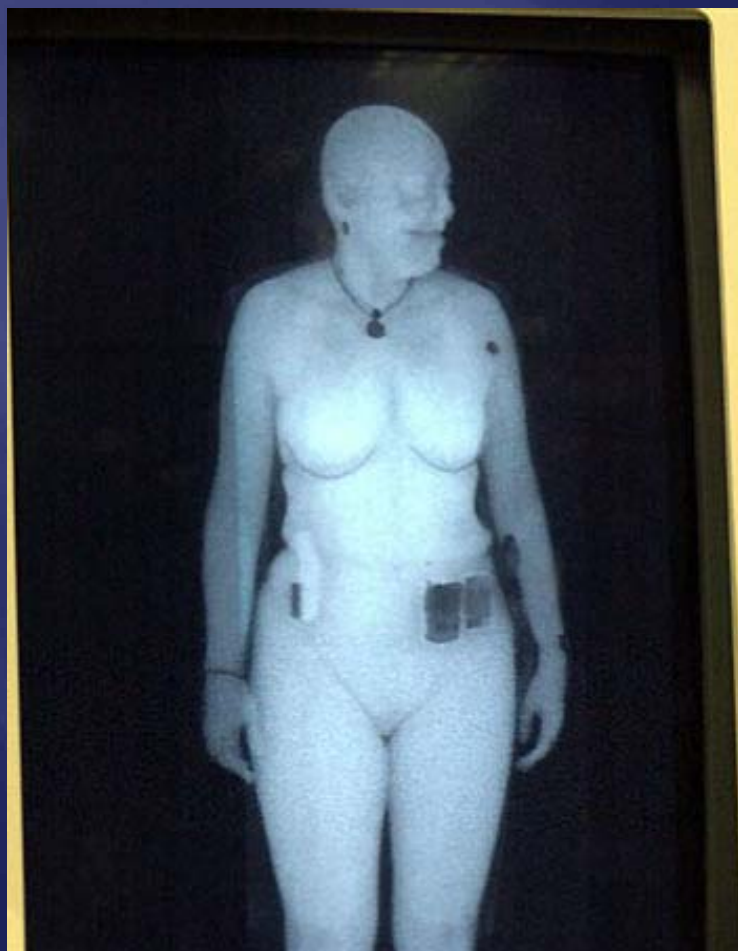
- ▣ Nowe techniki – compton backscattering



# Jak to działa ?



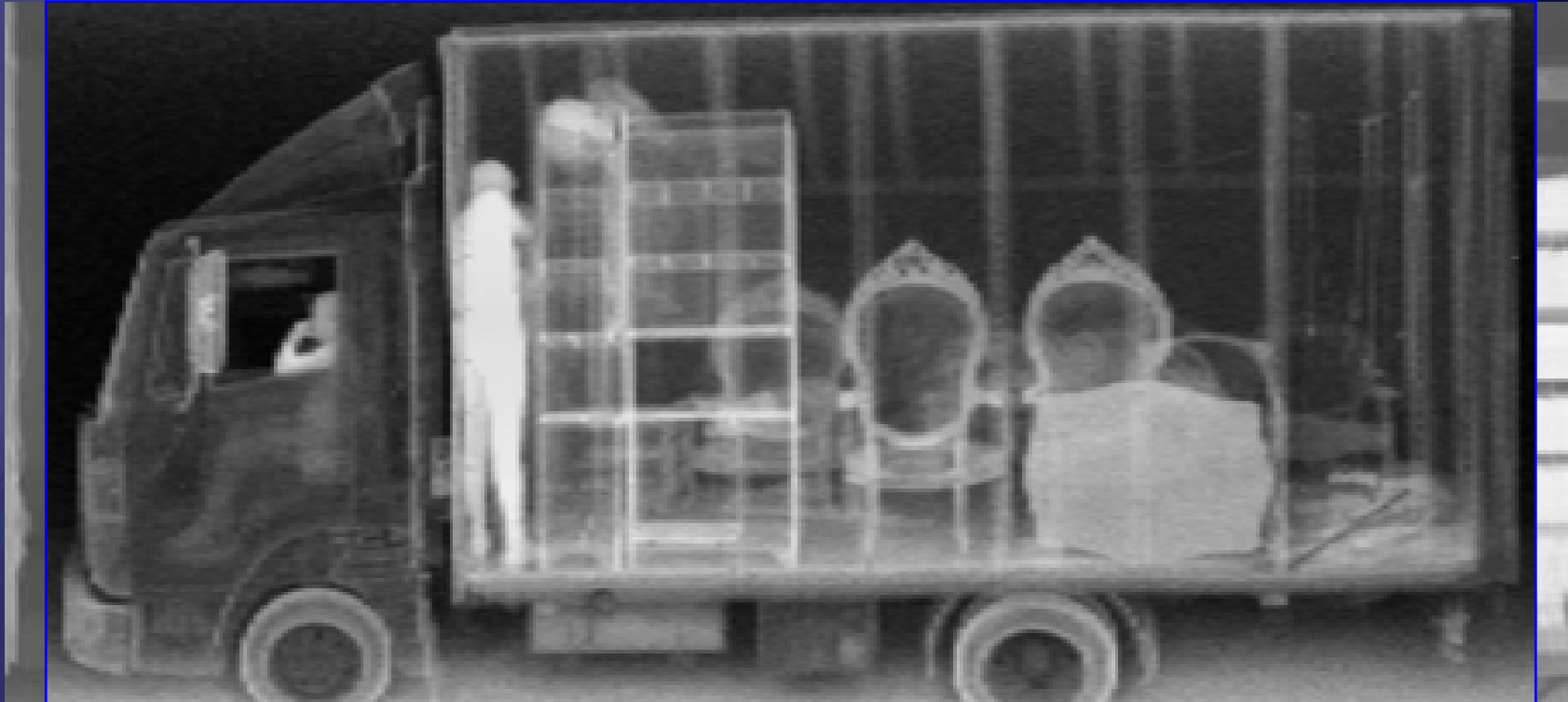
# Ochrona prywatności...



2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ

# Backscattering

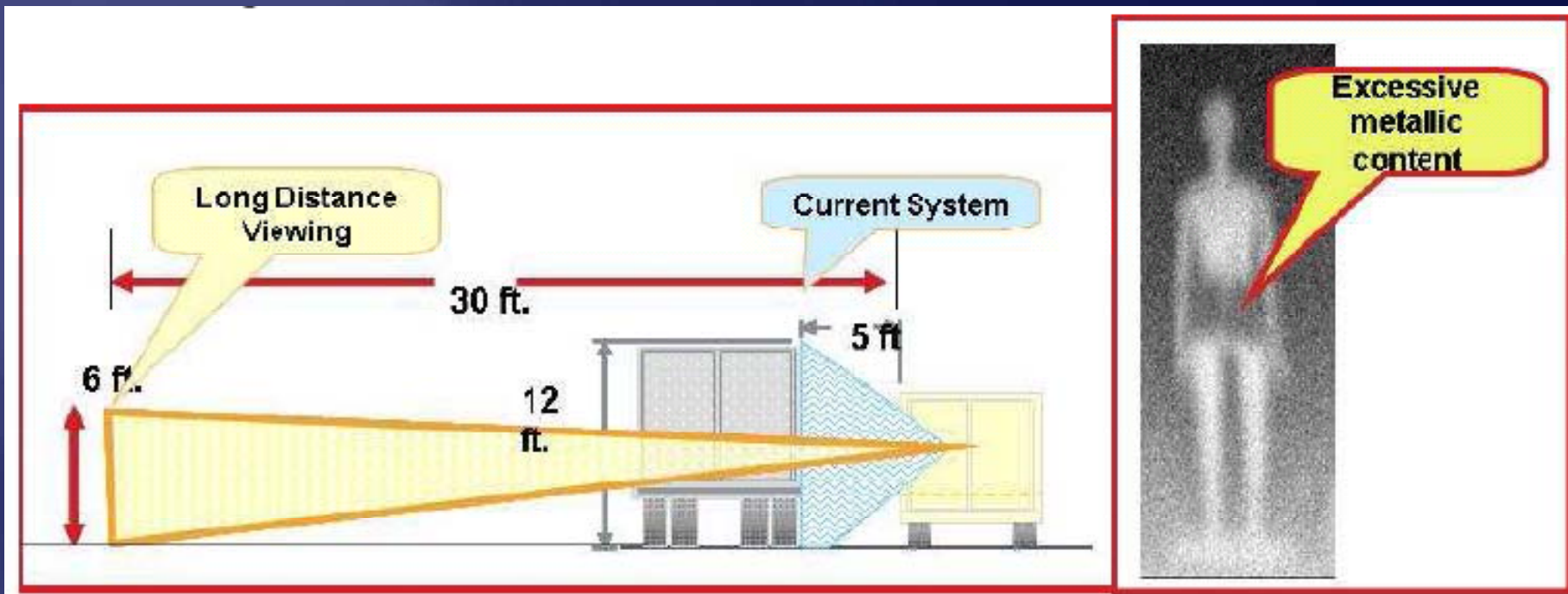


AS&E

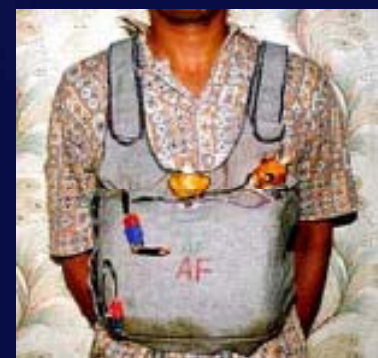


# Wykrywanie samobójczych ataków bombowych

AS&E

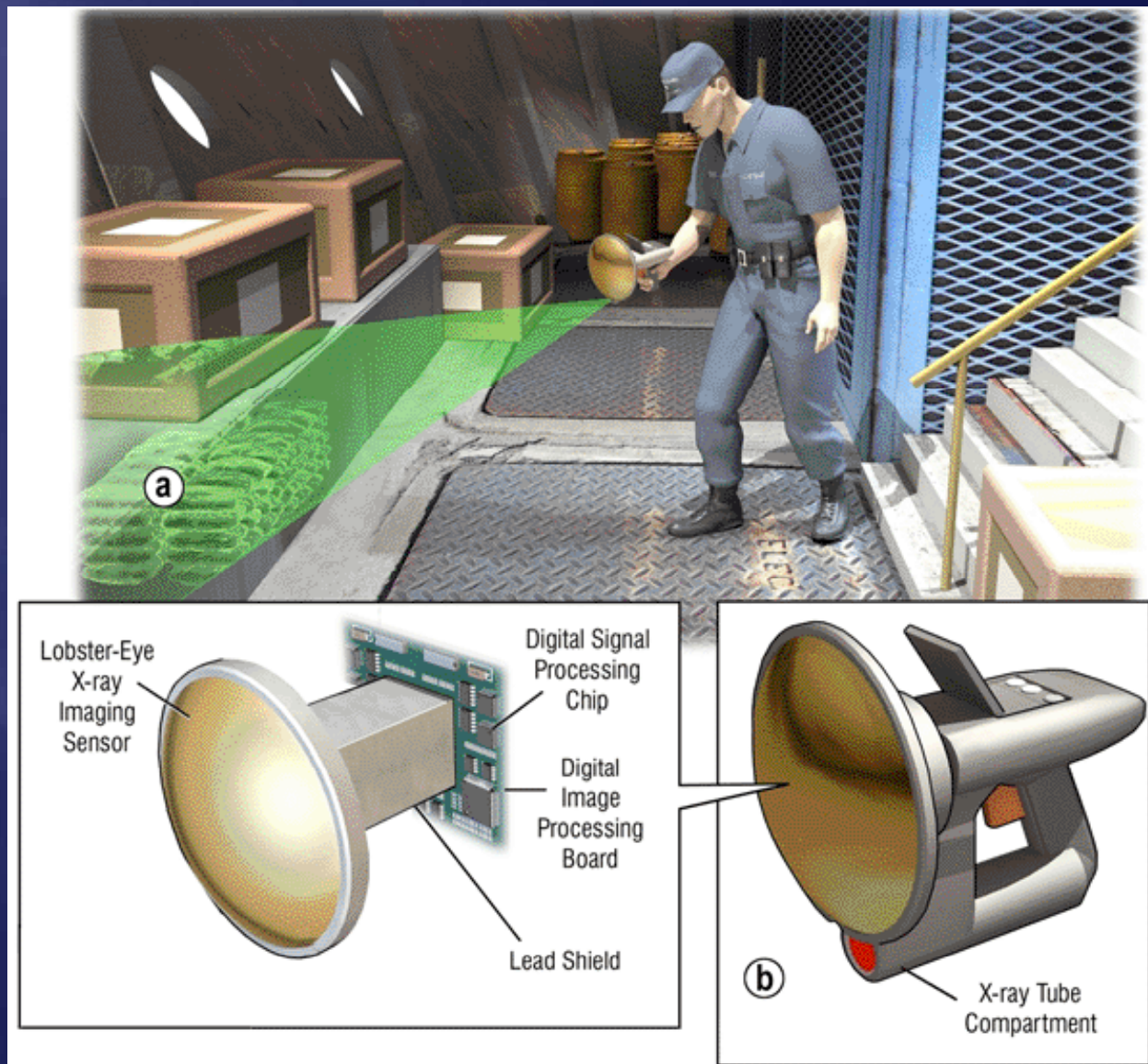


- ▣ Obraz z odległości 10m





# X-latarka



LEXID, Physical Optics Corporation, USA

# Patrole antyterrorystyczne



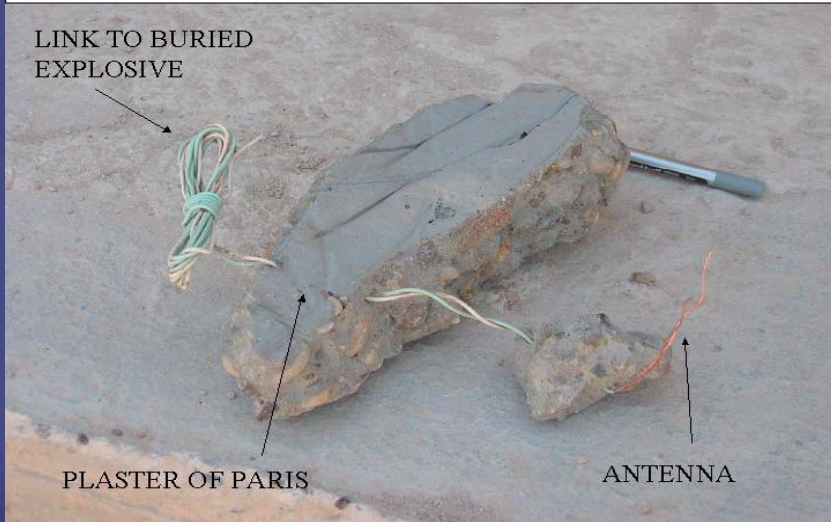
2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ



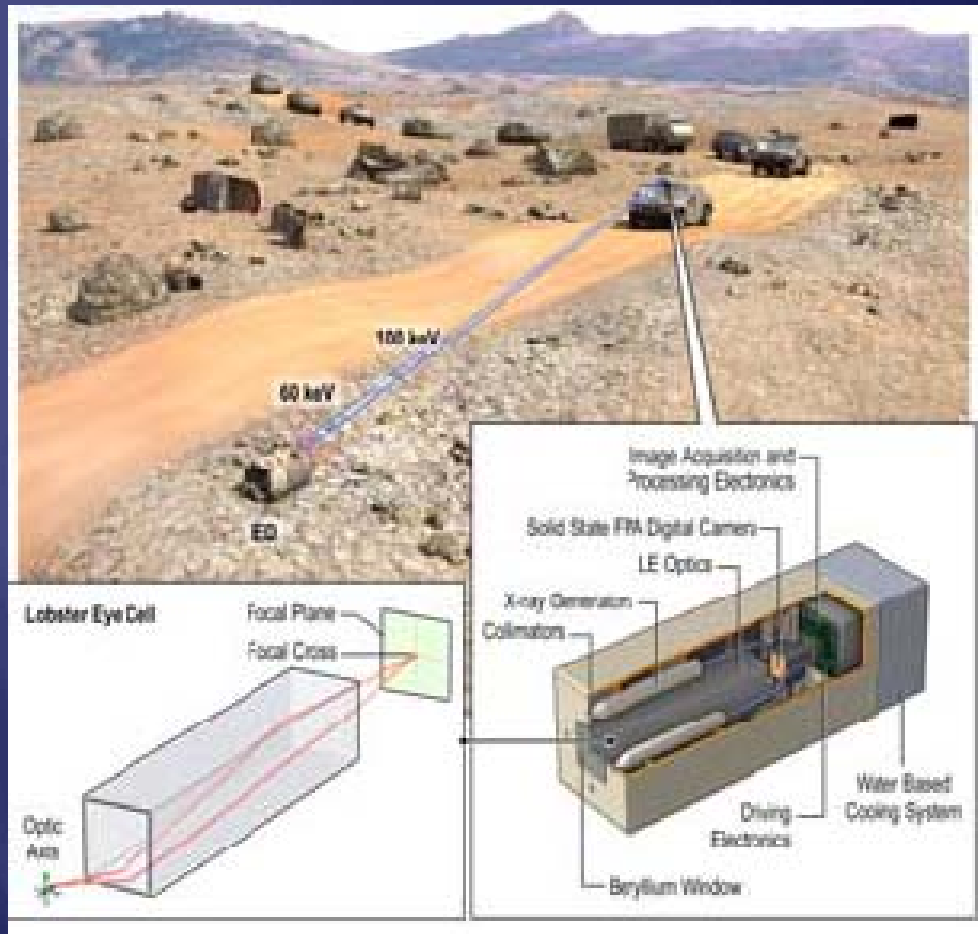
# IED

IED FOUND RECENTLY VIC MAHMUDIYAH

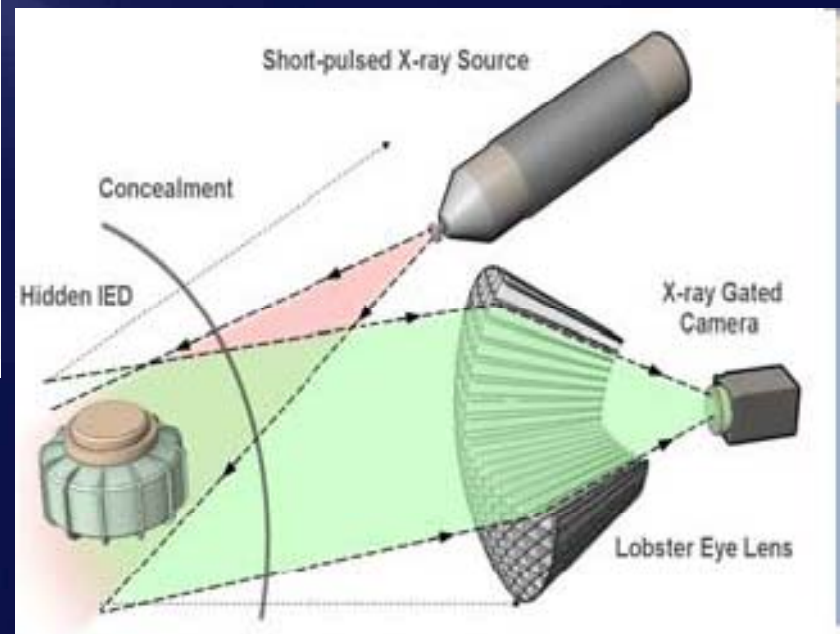


2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ



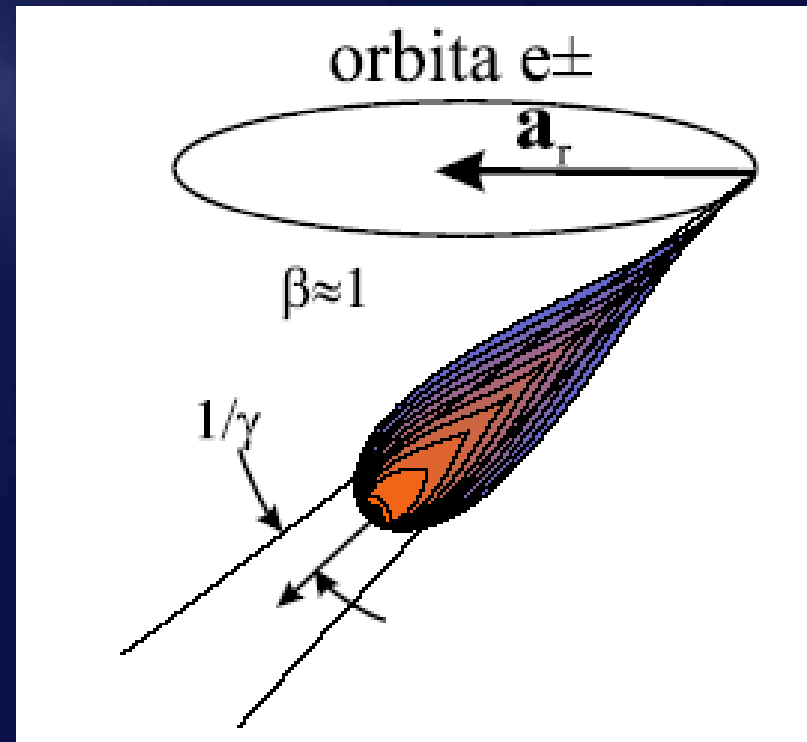
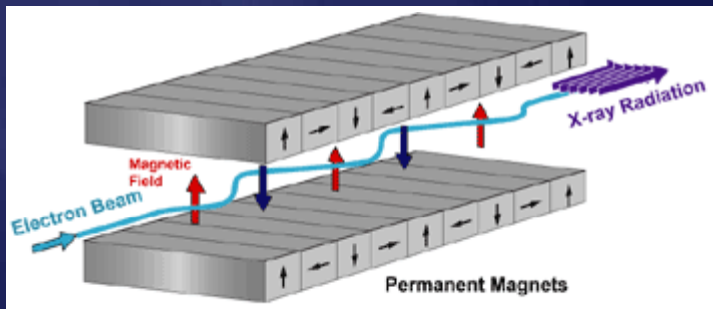
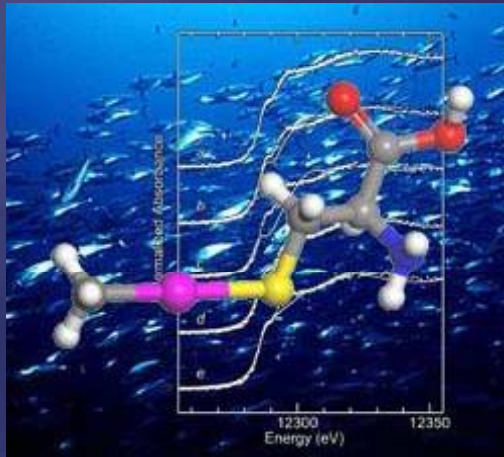
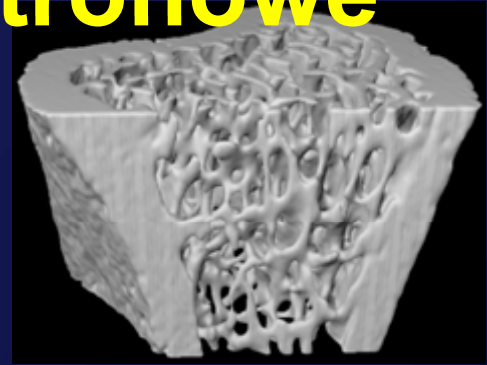
improved explosive device detection  
 HAXIS, Physical Optics Corporation, USA



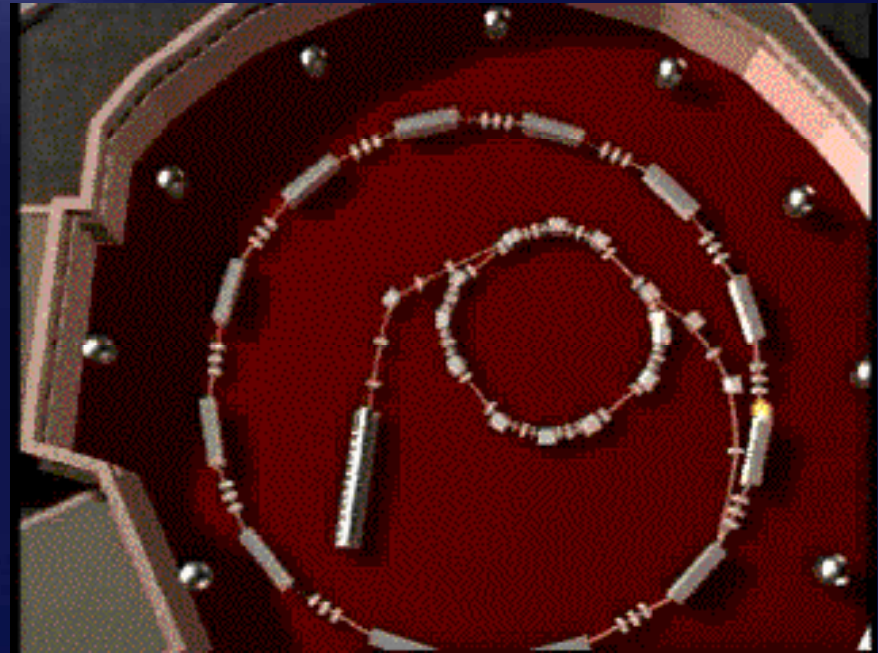
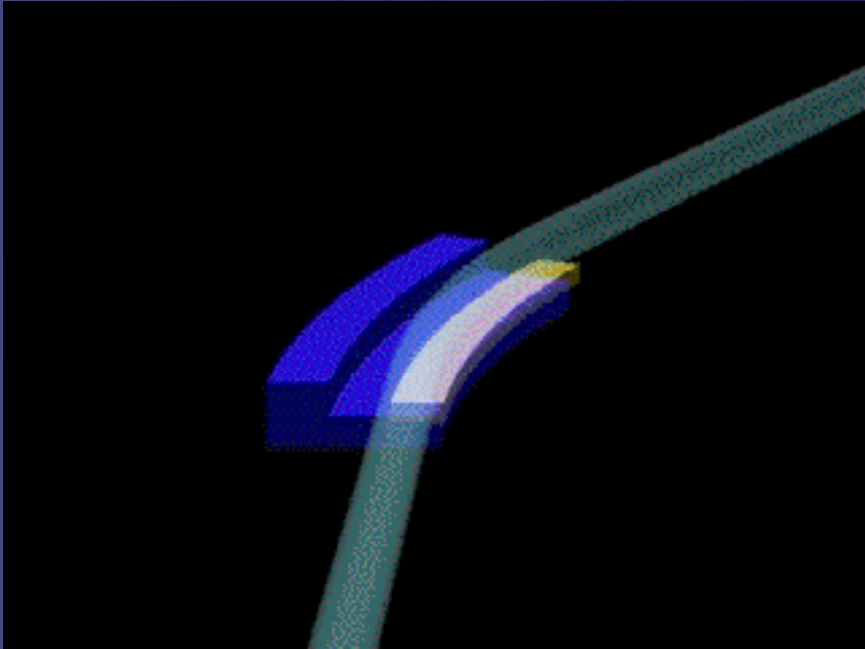


# Promieniowanie synchrotronowe

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



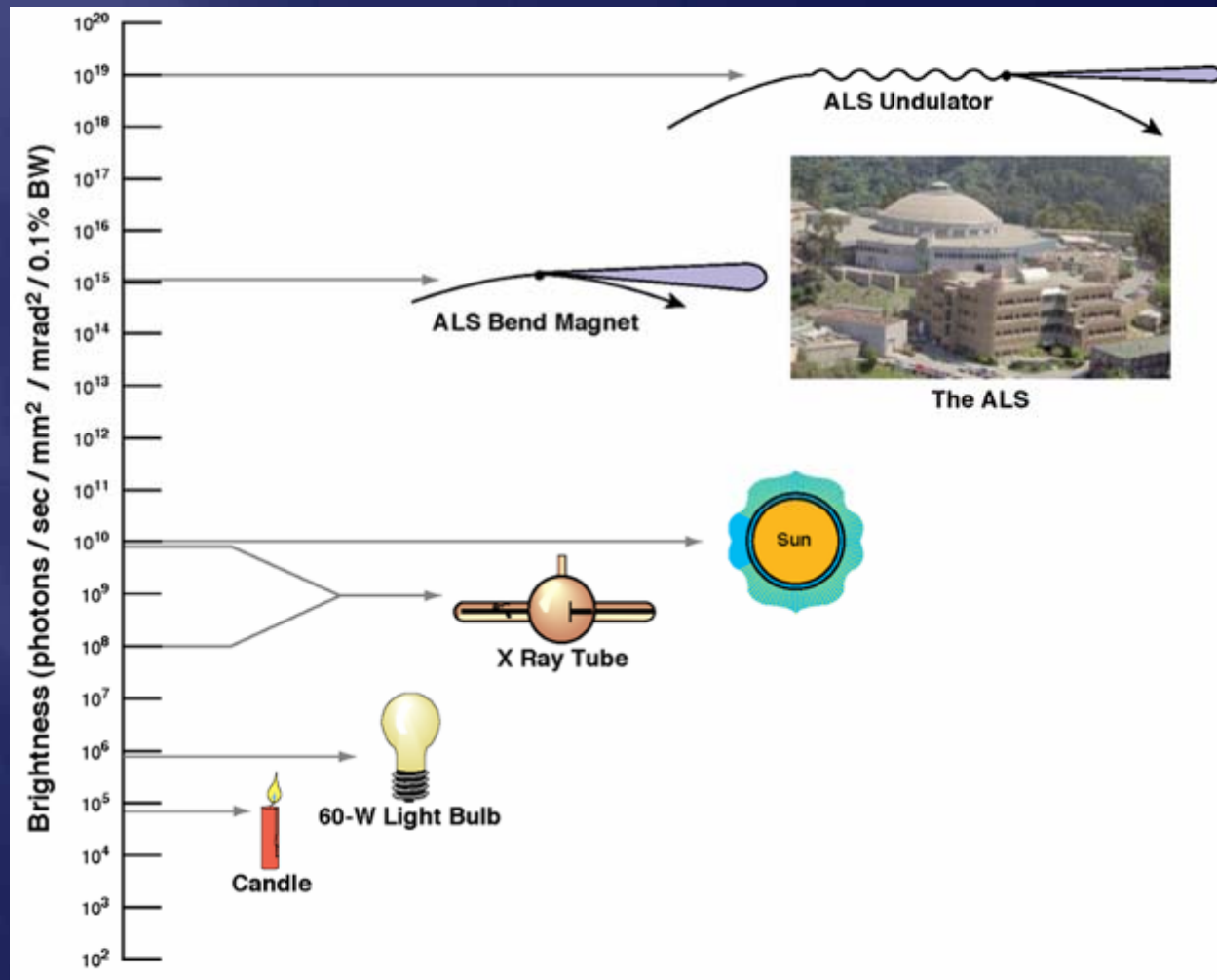




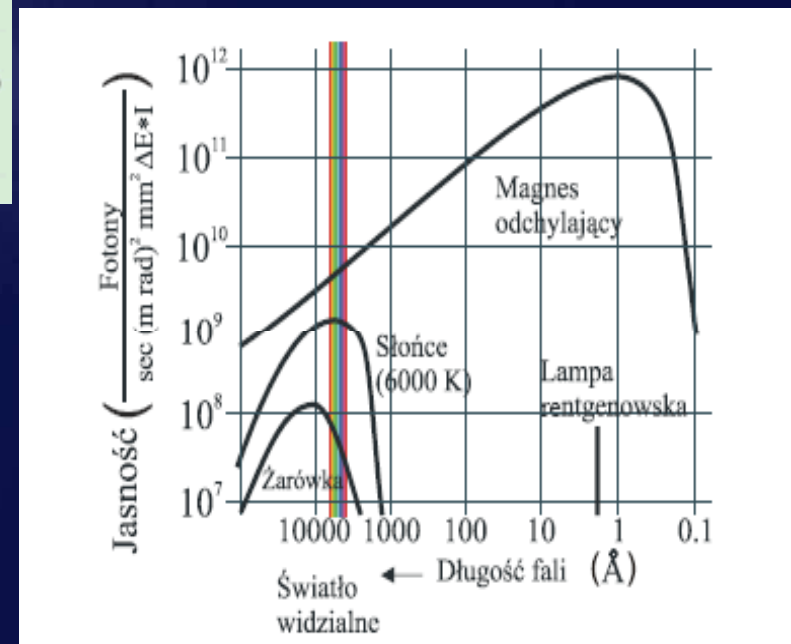
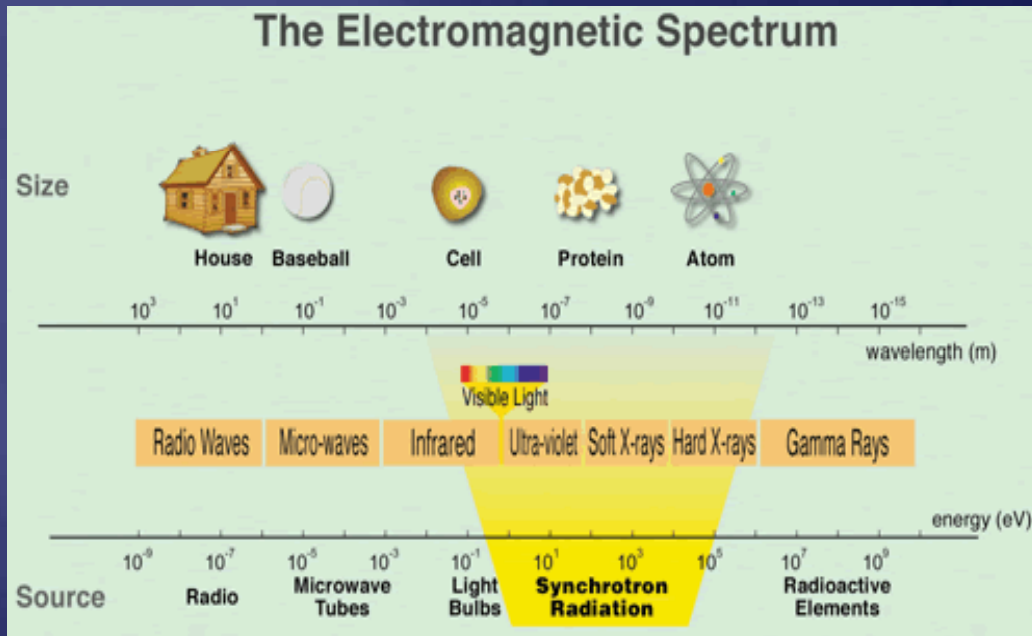
2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ

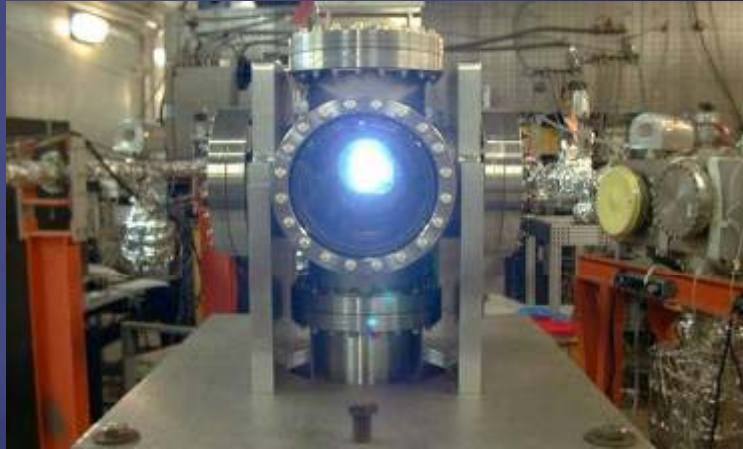
# Co oznacza „jasne” ?



# Promieniowanie synchrotronowe



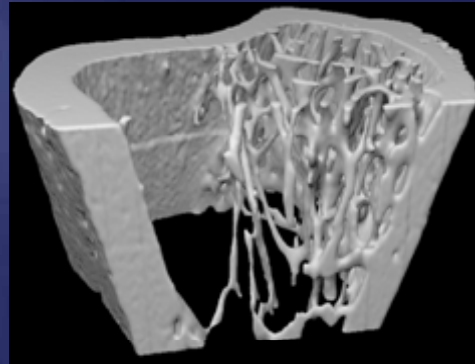
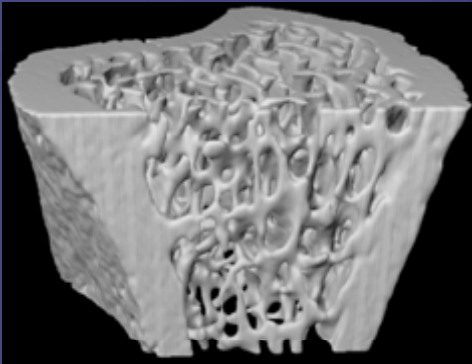
# Współczesne synchrotronowe źródła światła – akceleratorzy optymalizowane pod kątem produkcji promieniowania synchrotronowego



2009-04-06

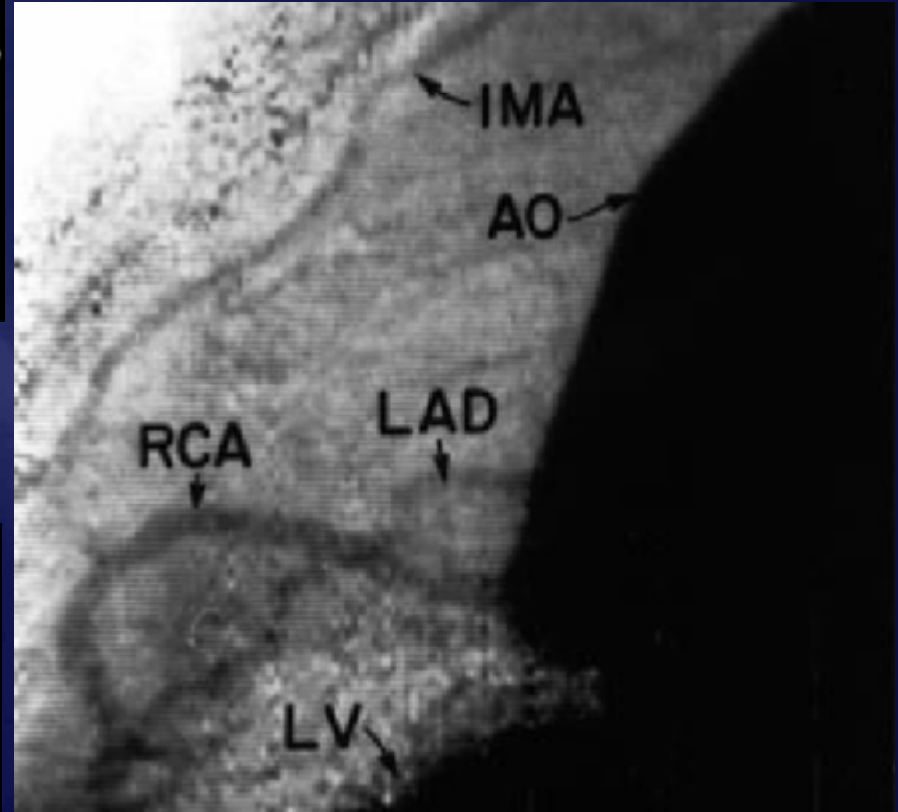
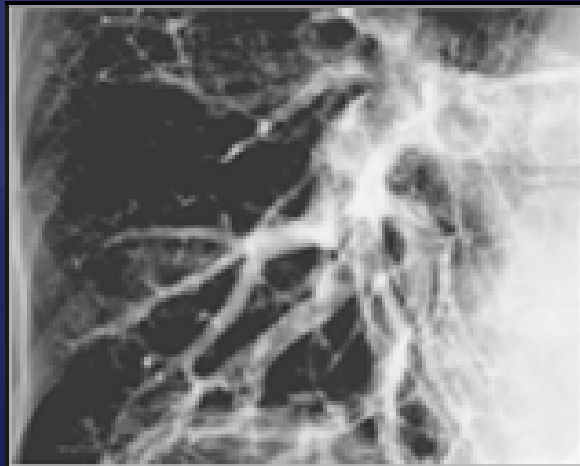
dr Sławomir Wronka, IPJ

# Przykładowe zastosowania



*before estrogen loss*    *after estrogen loss*

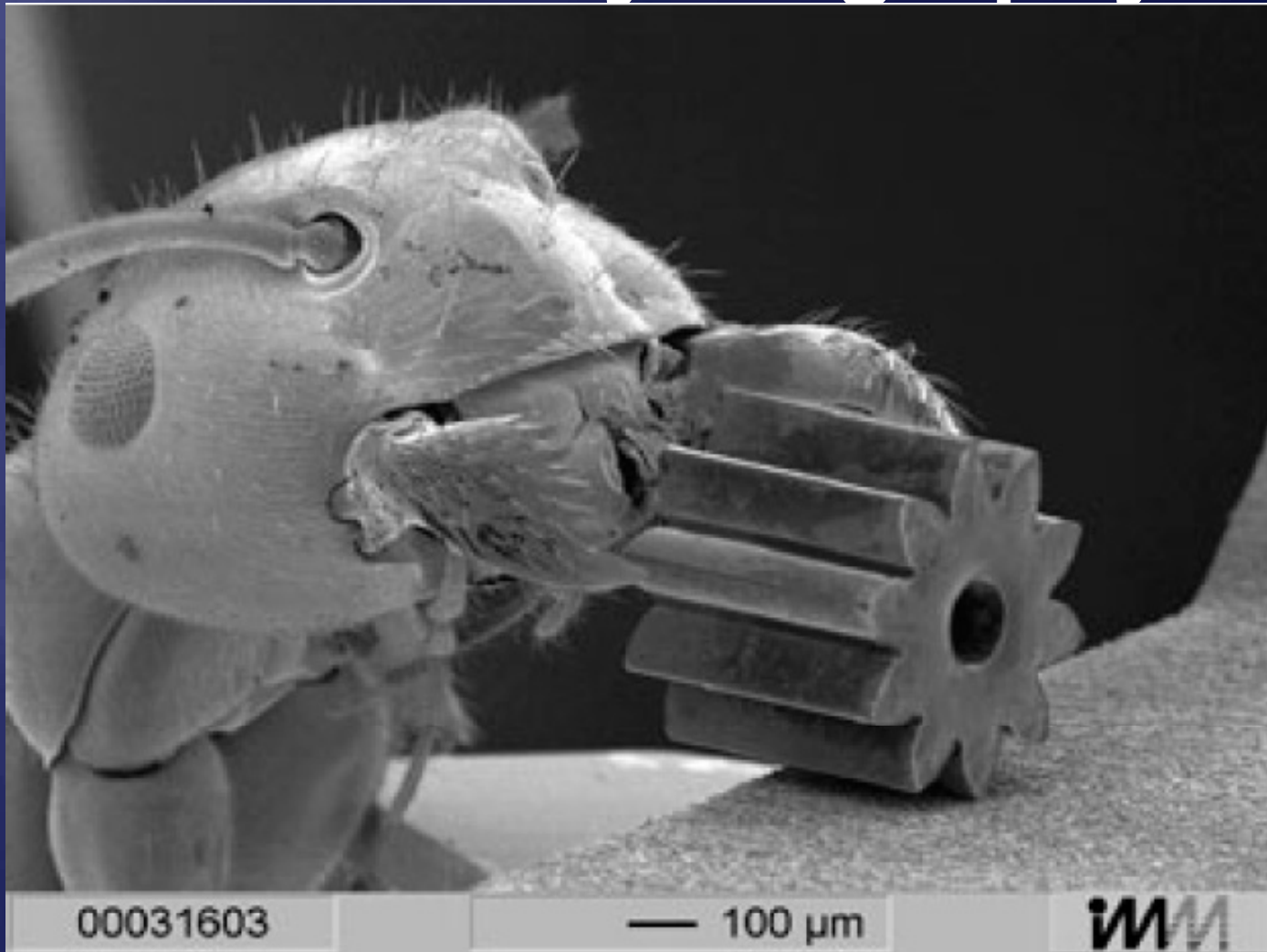
**Badania nad osteoporozą**



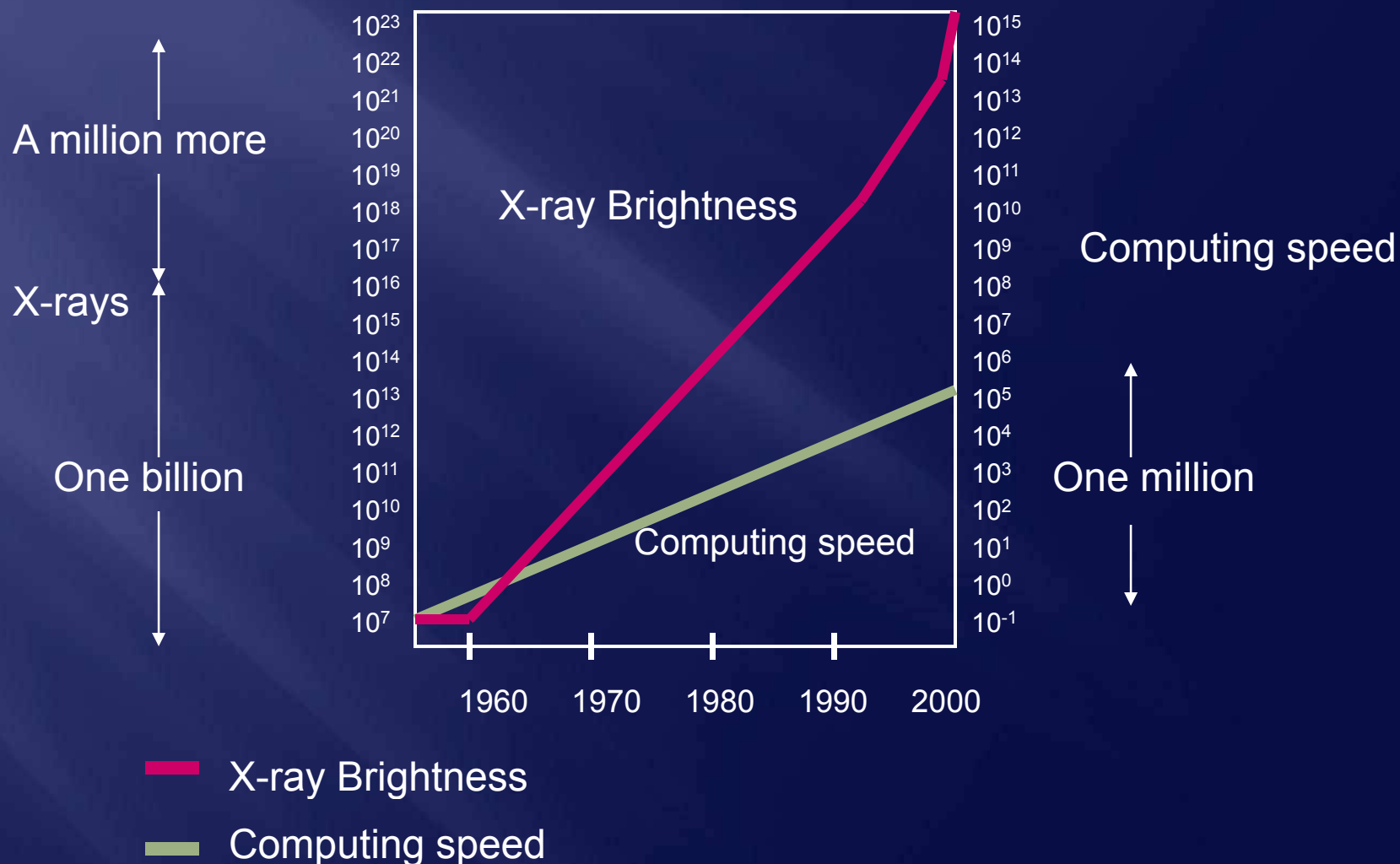
**Angiografia**



# LIGA – X-ray lithography



# „Jasność” rośnie szybciej niż prędkości procesorów !



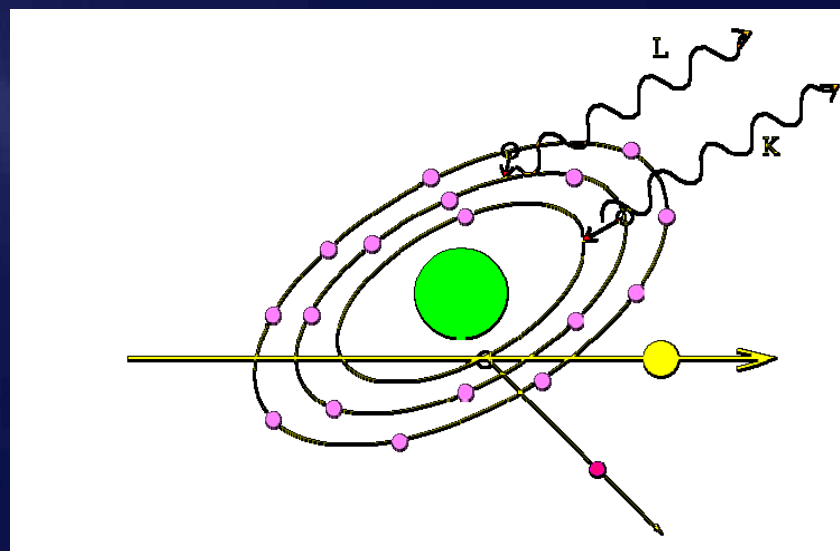
# Analiza fluorescencyjna

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

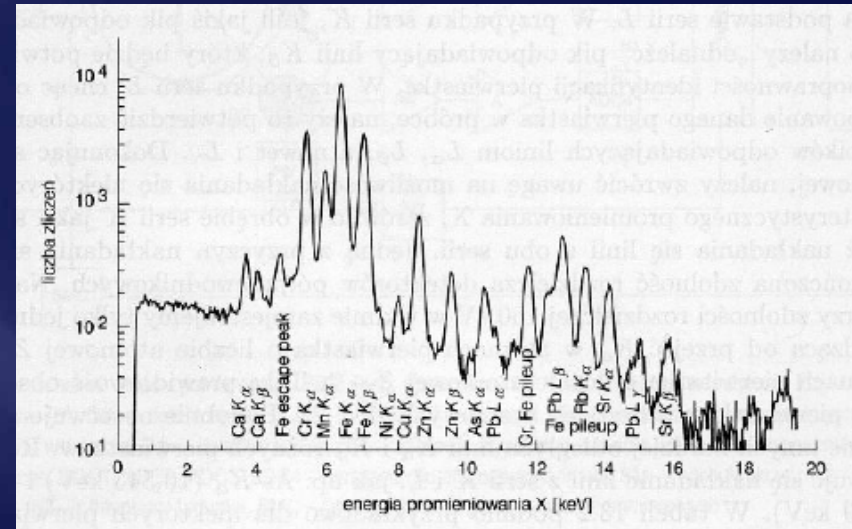
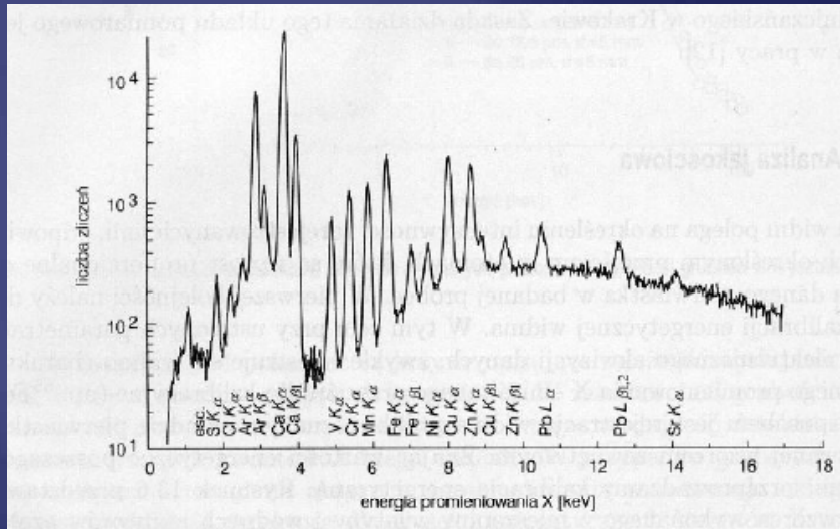
# Analiza fluorescencyjna

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



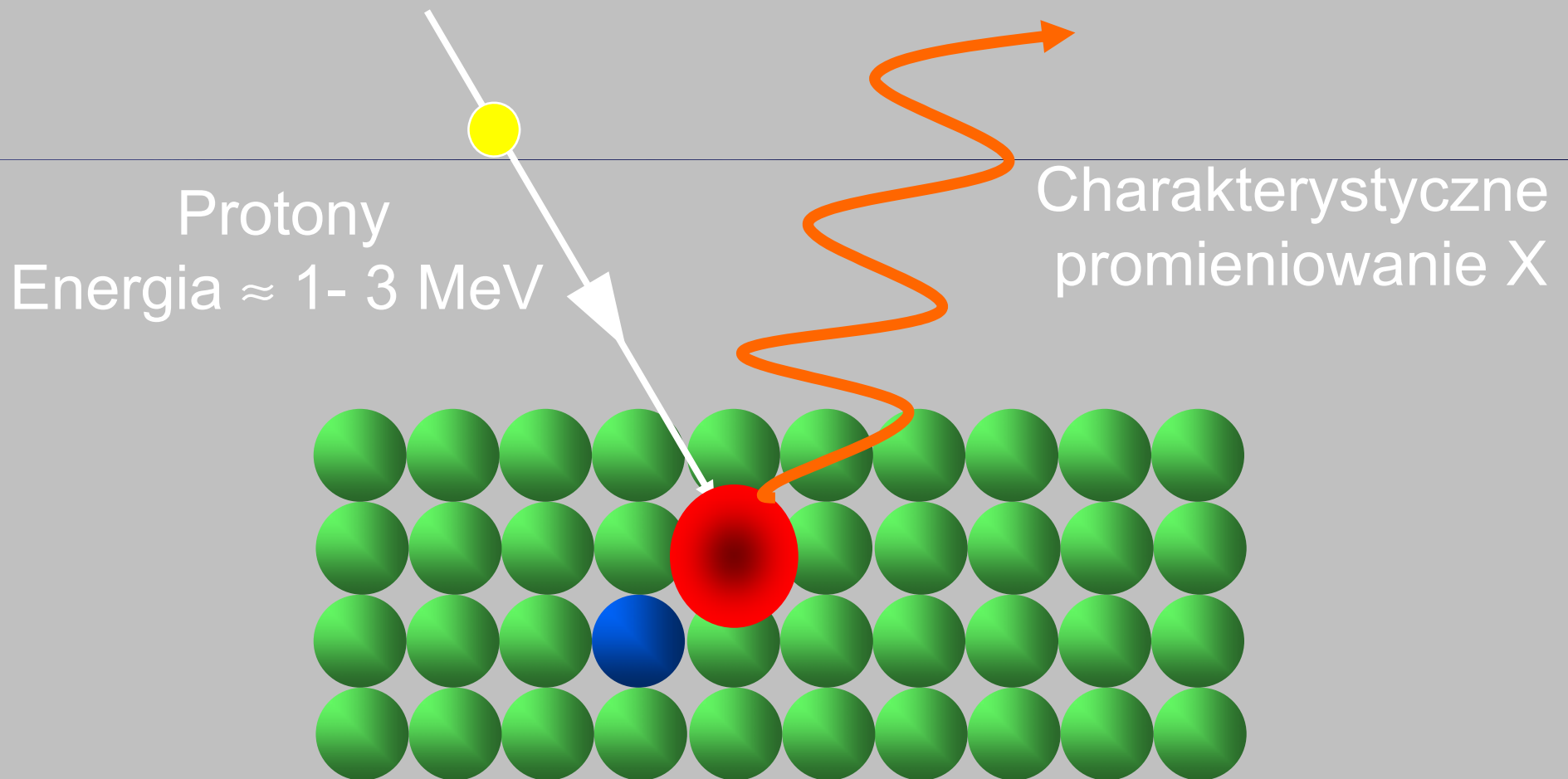
- ▣ **Intensywności** zarejestrowanych linii są **wprost proporcjonalne do stężenia** badanego pierwiastka w próbce.



- **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

# PIXE

Particle Induced X-ray Emission



# Struktura Staroegipskich Malowideł Ściennych

## 1. Baza

Ściana (wapień, piaskowiec, cegła)

## 2. Grunt

a) Warstwa gruboziarnista

(Piasek, gips)

b) Warstwa drobnoziarnista

(Piasek, gips)

## 3. Tynk

(gips)

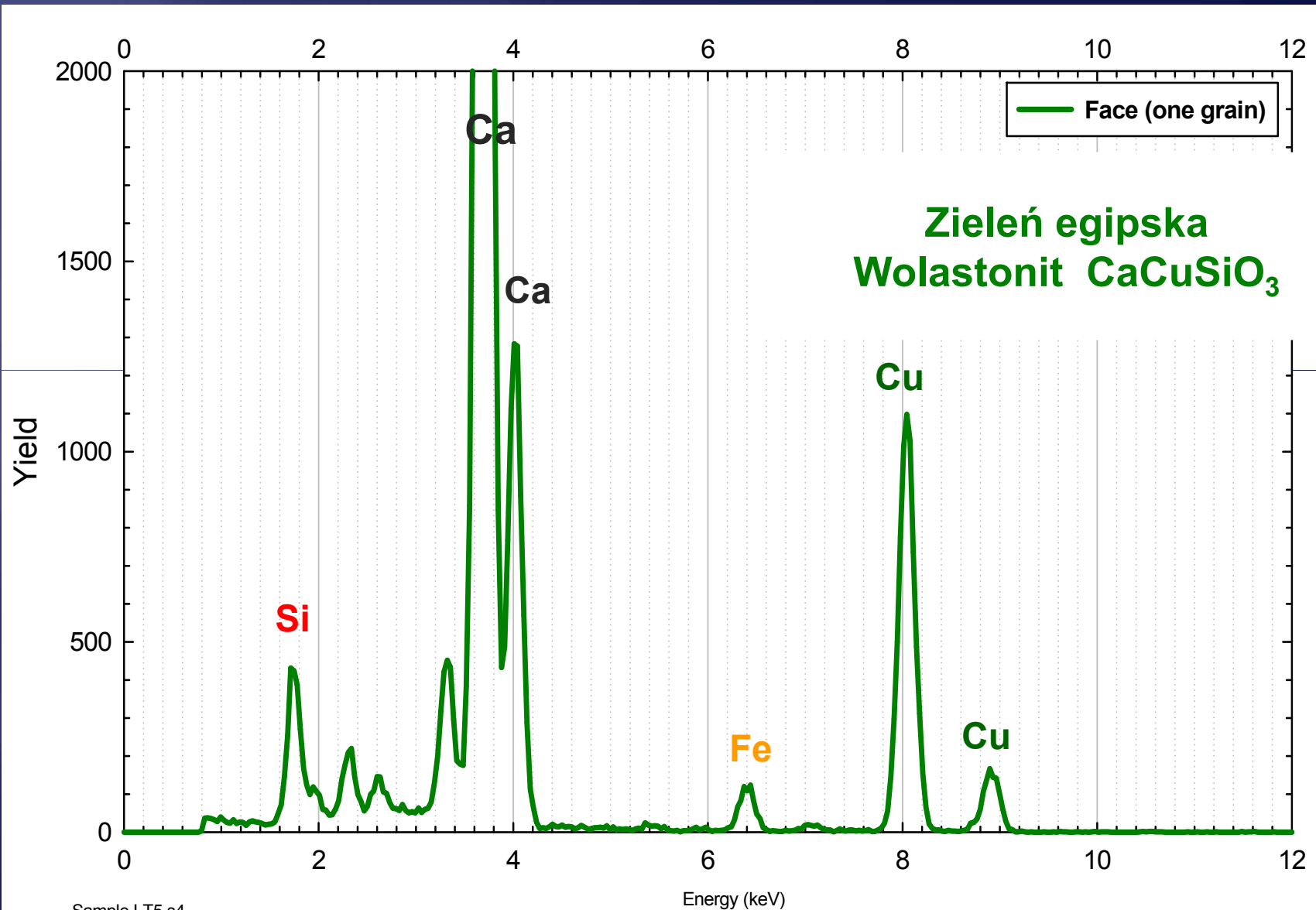
## 4. Farba



Przekrój malowidła ściennego

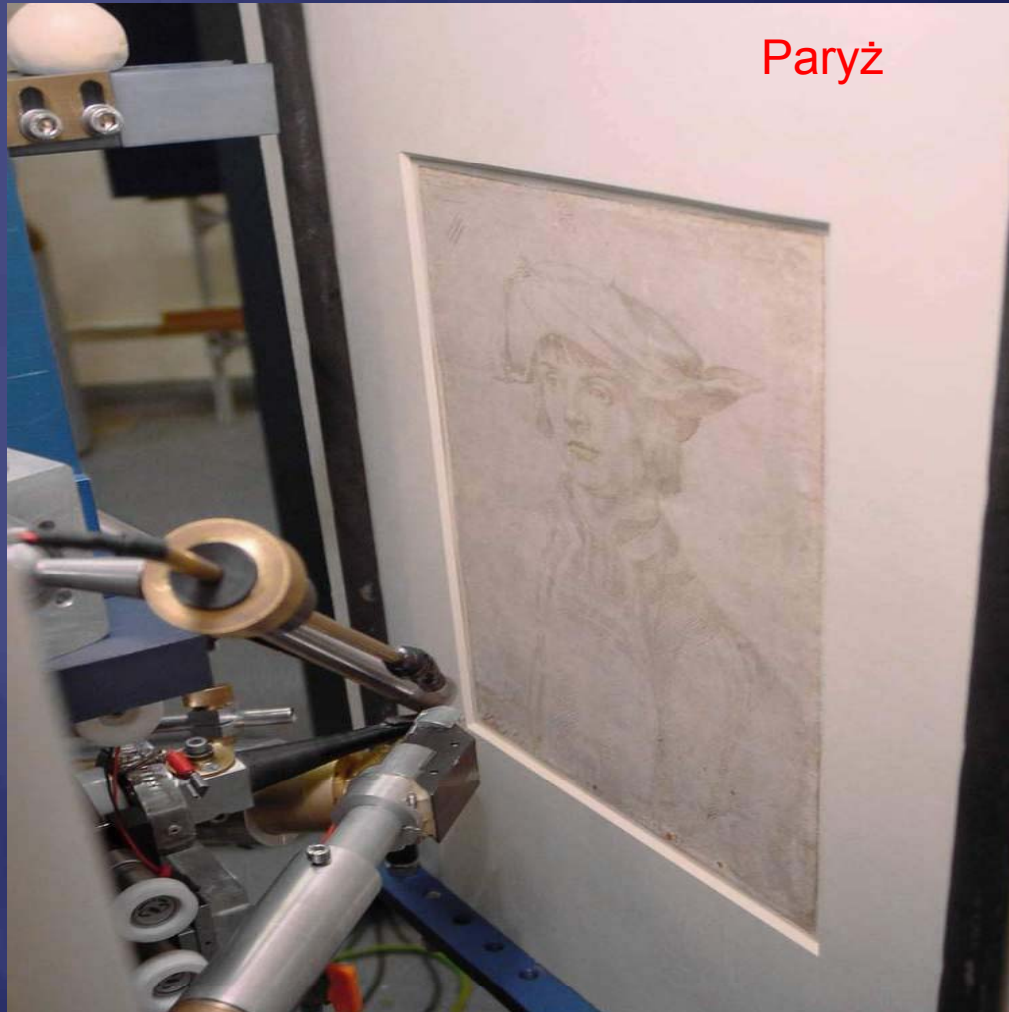
# Mapy $\mu$ PIXE zielonego pigmentu

Grobowiec Totmesa III (N.34) 1504 BC



Sample LT5.s4  
 $\mu$  PIXE E=3.05 MeV protons  
Dresden 03/4/2008

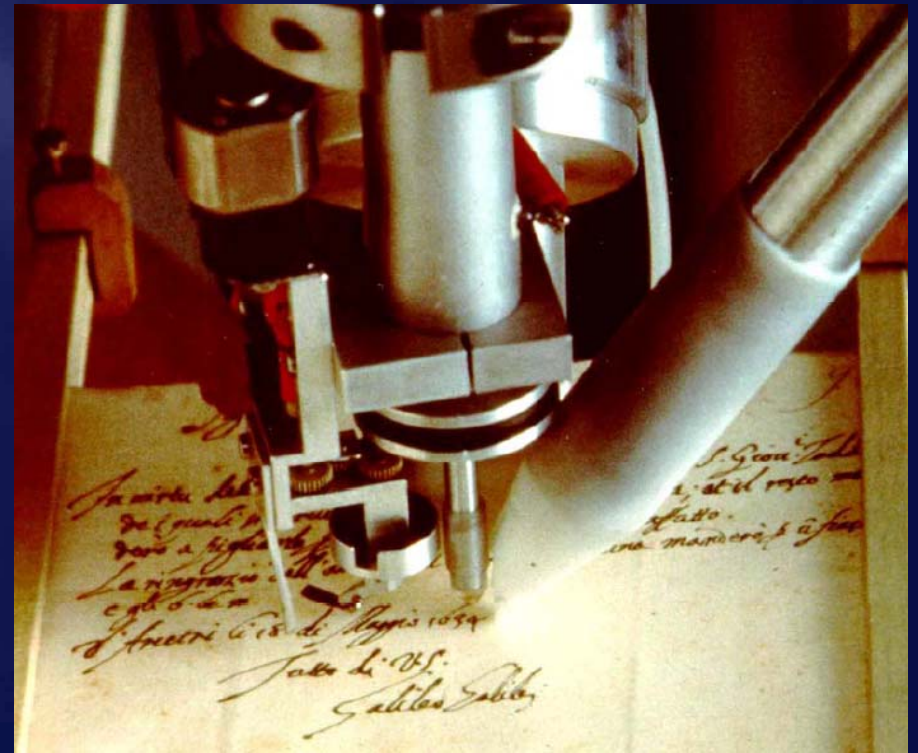
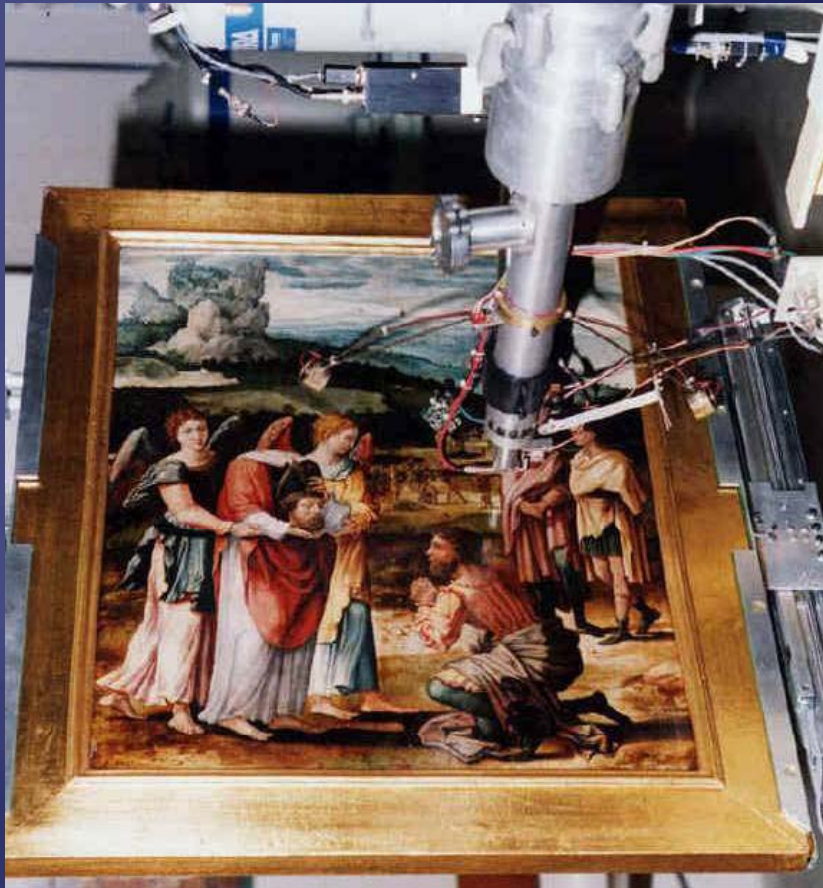
Paryż



2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ

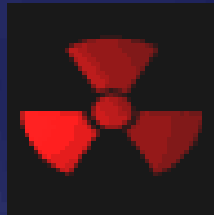




2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ

# Dziękuję za uwagę



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

Wykorzystano materiały m.in: W.Scharf,  
A.Sessler, L.Lamm, H.Tanaka

2009-04-06

dr Sławomir Wronka, IPJ