MTJ-w1

http://www.if.pw.edu.pl/~pluta/pl/dyd/mtj/index.html

Metody i Techniki Jądrowe w Środowisku Przemyśle i Medycynie

Zajęcia specjalistyczne dla studentów starszych lat na Wydziale Fizyki PW

Prowadzący: prof. dr hab. ***Jan Pluta***, *Jan.Pluta@pw.edu.pl*

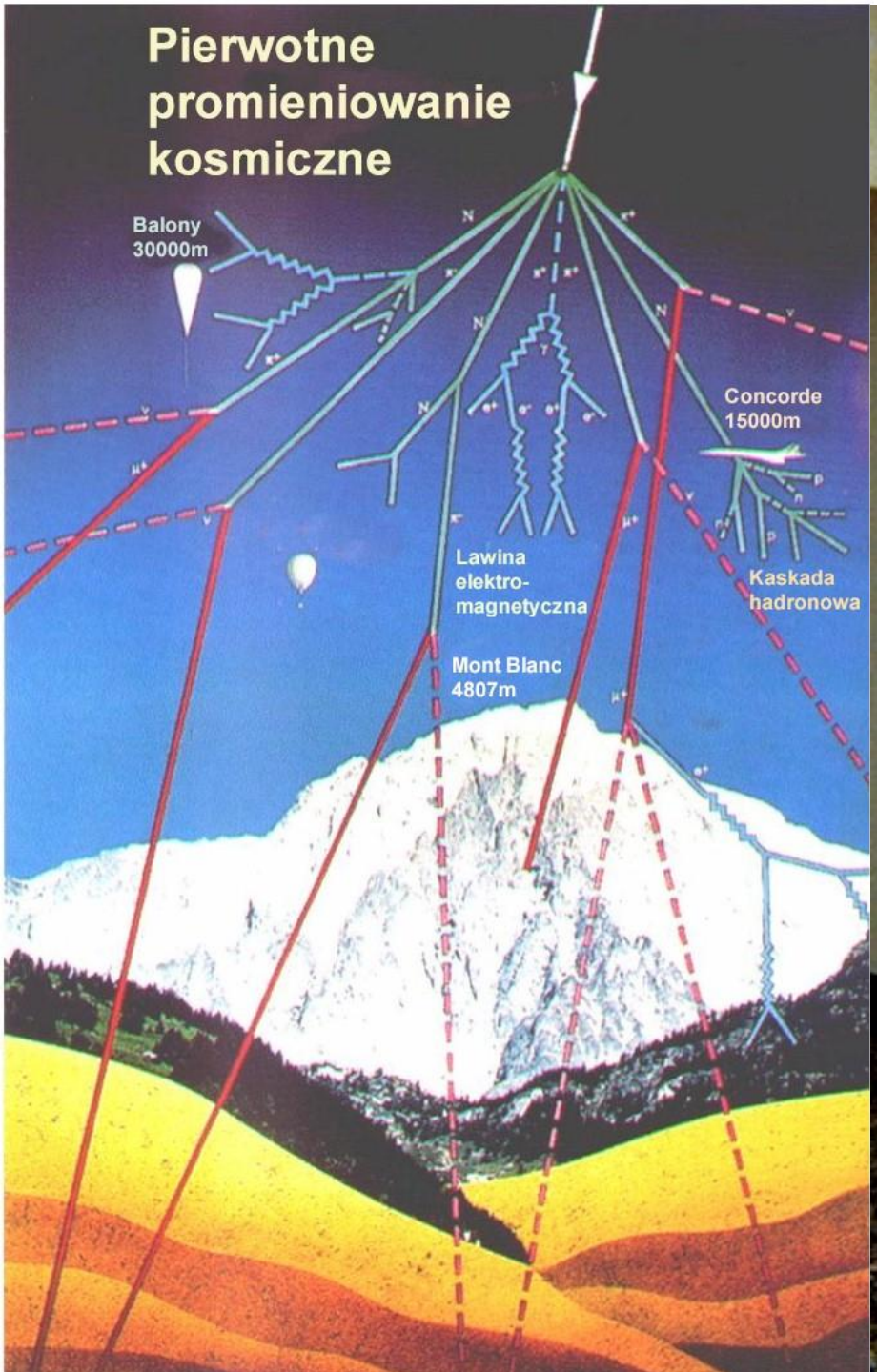
1. **Cel i struktura zajęć -** Zajęcia te przeznaczone są dla osób, które...
2. **Program zajęć**
3. **Opracowania zaliczeniowe -** ilustracje interaktywne, referaty, seminaria, konferencje i inne materiały pomocnicze
4. **Partnerzy -** instytucje, które odwiedzamy
5. **Przykładowe zagadnienia egzaminacyjne**
6. **Tematy opracowań zaliczeniowych -** i kryteria oceny
7. **Instrukcje do ćwiczeń z fizyki reaktorowej**
8. **Materiały wykładu - oraz informacje o ośrodkach fizyki i techniki jądrowej w okręgu warszawskim**
9. **Komplet materiałów** zadania 33 POKL na Wydziale Fizyki PW
10. **Zawiadomienia - prace dyplomowe**

Foto-kronika z wizyt w ośrodkach, fizyki i techniki jądrowej
(Kliknij tu lub w polu fotografii):

IEA, ŚLCJ, Inst. Onkologii, CLOR, ICHTJ

Na fotografii: Dr. Julian Srebrny przy detektorze "Eagle" podczas naszej wizyty w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów UW

Żyjemy zanurzeni w morzu promieniowania.



24*365=8760
0,1μSv/h*10000=1mSv

Czarnobyl, 9,81µSv/h

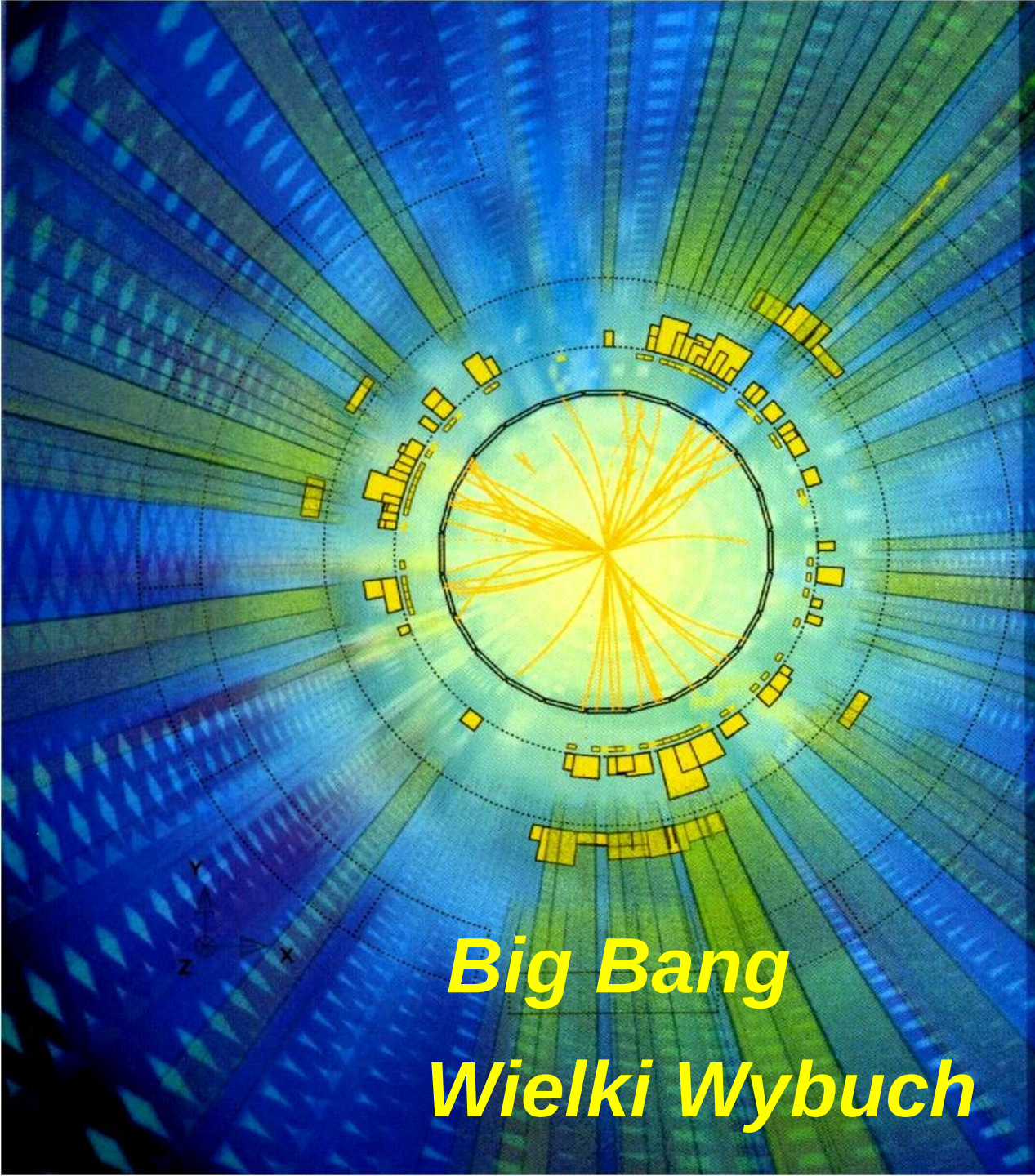
Lot do Genewy (7.10.2012)

moc dawki w

$\mu Sv / h$

…z dozymetrem

Kilka słów historii
Jak to się zaczęło?
Czyli o ewolucji Wszechświata



Big Bang

Wielki Wybuch

The big bang: according to our knowledge today, this event marked the birth of our universe and the beginning of space and time.

Before the big bang there was nothing that can be described by physics today. The universe and all the energy it contained were concentrated in a singularity. Neither matter, space nor time existed.

Then—and we don't know why—the universe began to expand at an explosive pace.

That was about 15 billion years ago. This initial phase was characterized by inconceivably high temperatures and densities. All matter was divided into its smallest components and united in a hot, primordial cosmic soup.

Since that time, the universe has been continually expanding and cooling. A dramatic interplay between creation and annihilation has led to the formation of atoms, stars, planets and ultimately, life.

13,7 *10^{9} lat temu

po trzech minutach | po 0,01 milisekundy | po 10^{-12} sekundy | po 10^{-20} sekundy | po 10^{-35} sekundy | po 10^{-43} sekundy

Lekkie jądra | **Protony i neutrony** | **Plazma kwarkowo gluonowa**

Protony i neutrony wiążą się tworząc jądra atomowe

Kwarki i gluony wiążą się tworząc protony i neutrony

oddziaływania słabe

oddziaływania elektromagnetyczne

oddziaływania silne

oddziaływania elektrojądrowe

oddziaływania elektrosłabe

grawitacja

SUPERODDZIAŁYWANIA

WIELKI WYBUCH

Fotony są ciągle absorbowane i reemitowane, a Wszechświat jest nieprzezroczysty.

Wszechświat ma rozmiar układu słonecznego

Wszechświat ma promień 300 milionów kilometrów

Wszechświat ma wielkość jabłka

Wszechświat jest nieskończenie małym punktem

10^{12}°C | 10^{15}°C | 10^{27}°C | 10^{32}°C

2 protony + 2 neutrony = *jądro helu*

1 proton = *jądro wodoru*

Proton
Neutron
Mezon

Kwark
Elektron
Neutrino

Foton
Oddziaływanie słabe
Oddziaływanie silne

EWOLUCJA WSZECHŚWIATA

po 13,7 miliardach lat

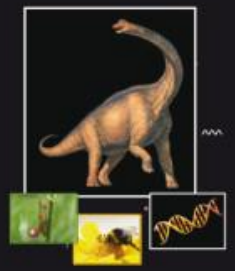
Dzisiaj

Dzisiaj w CERN-ie cofamy się w czasie i badamy jak powstawała materia

–270°C

po 10 miliardach lat

Życie na Ziemi



Zupa z organicznych cząsteczek pojawia się na Ziemi, małej niebieskiej planecie zagubionej w ogromnym Wszechświecie

po 9,2 miliardach lat

Układ słoneczny

Grawitacja zbiera szczątki gwiazd i powstają planety

po 200 milionach lat

Gwiazdy i galaktyki

Grawitacja zbiera chmury atomów w gwiazdy

W sercu gwiazd zachodzi synteza ciężkich atomów – cegiełek życia

4000°C

po 380000 latach

Lekkie atomy

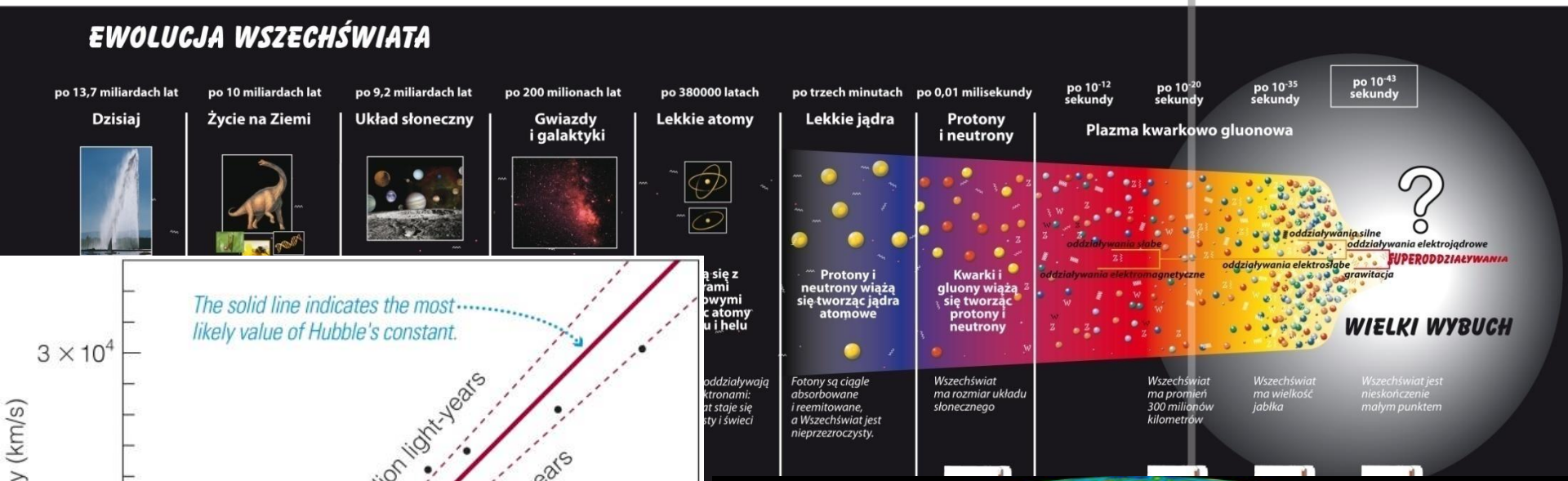
Wiążą się z jądrami atomowymi tworząc atomy wodoru i helu

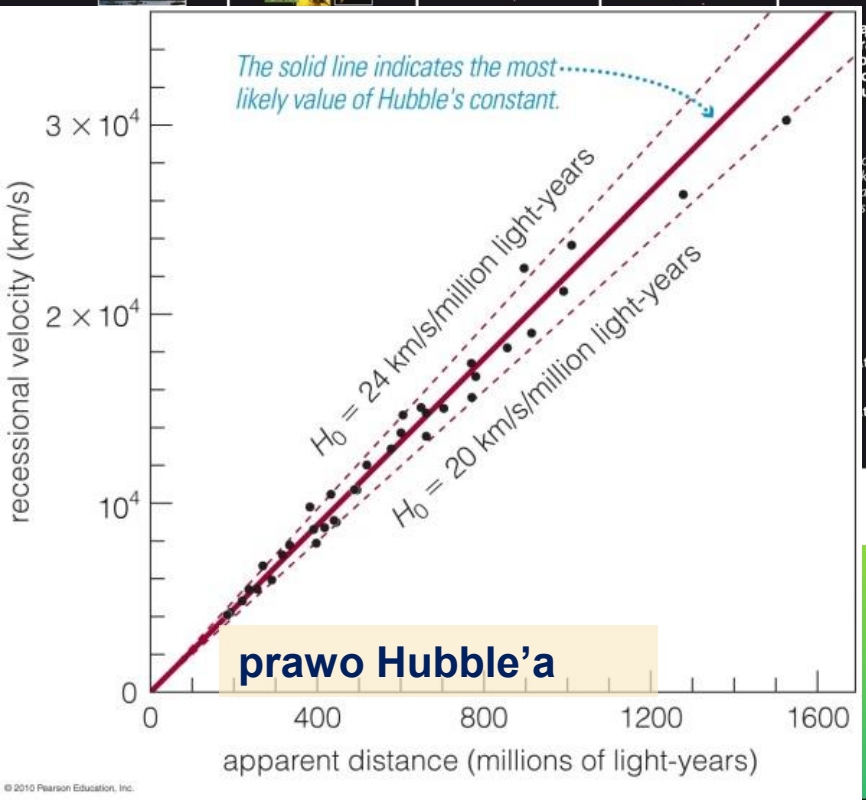
Fotony nie oddziaływają dłużej z elektronami: wszechświat staje się przezroczysty i świeci

Atom helu

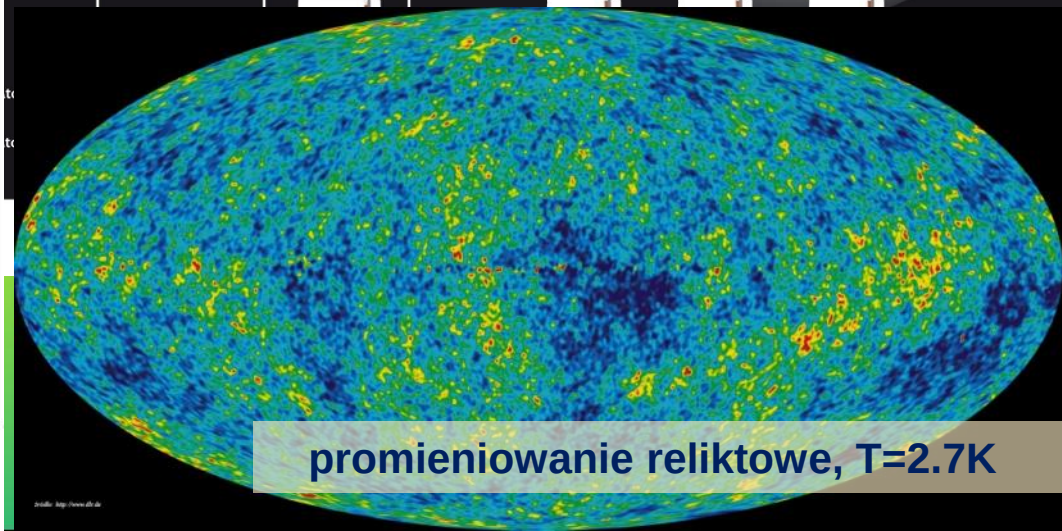
Atom wodoru

Skąd o tym wiemy?



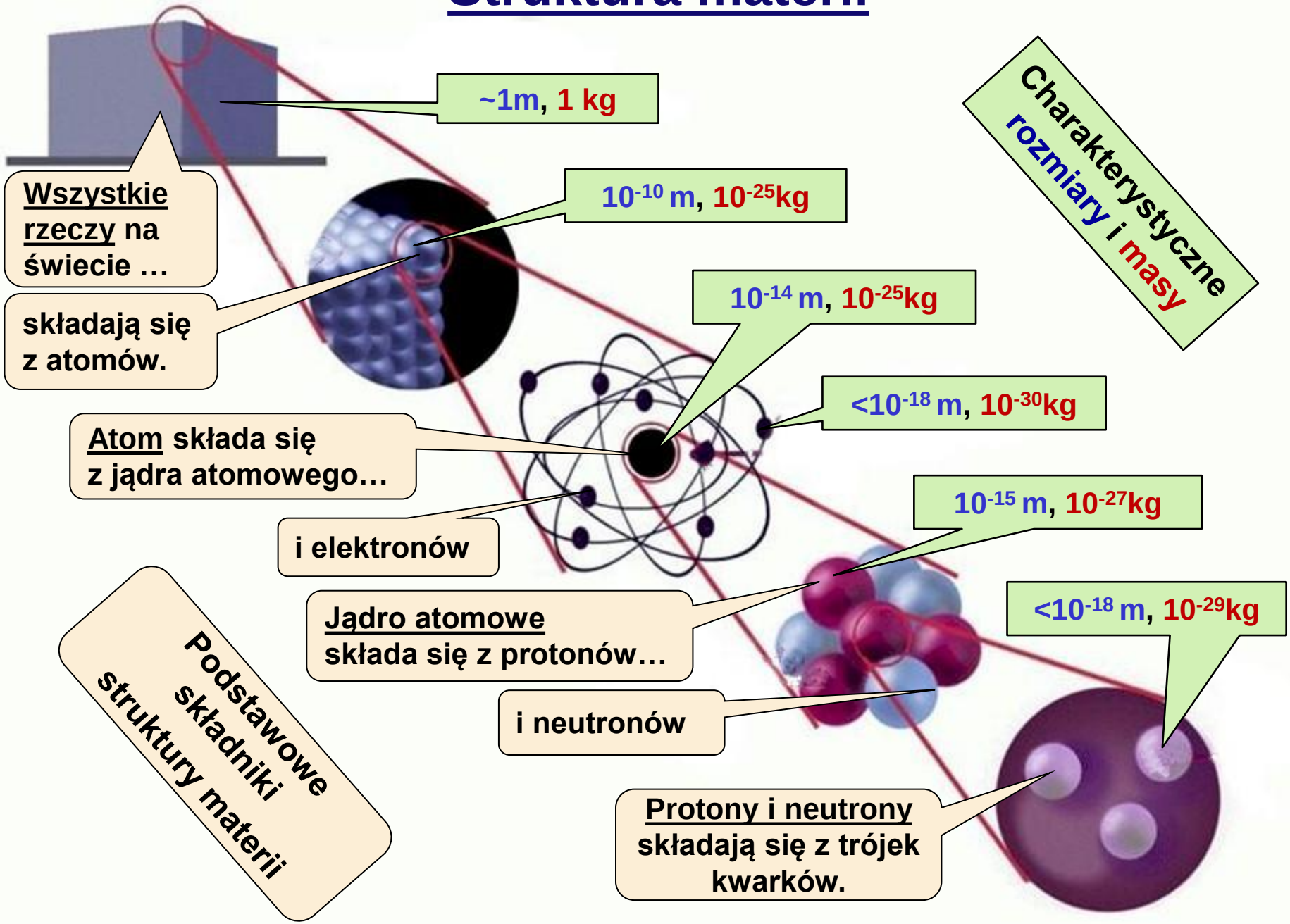


prawo Hubble'a



promieniowanie reliktowe, T=2.7K

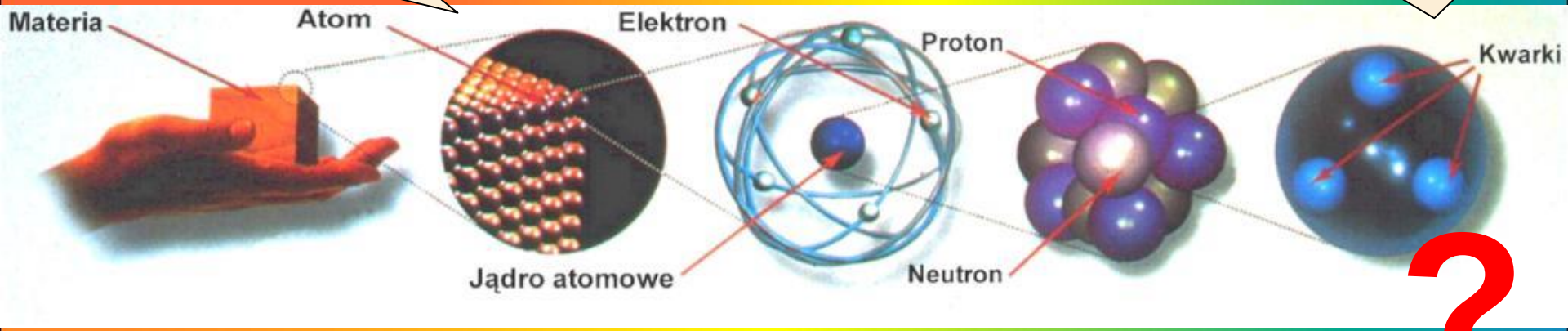
Struktura materii



Ewolucja naszej wiedzy na temat struktury materii

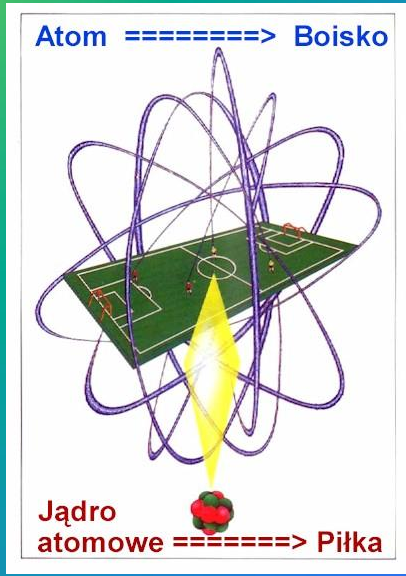
Początek XX-go wieku

Początek *XXI-go* wieku



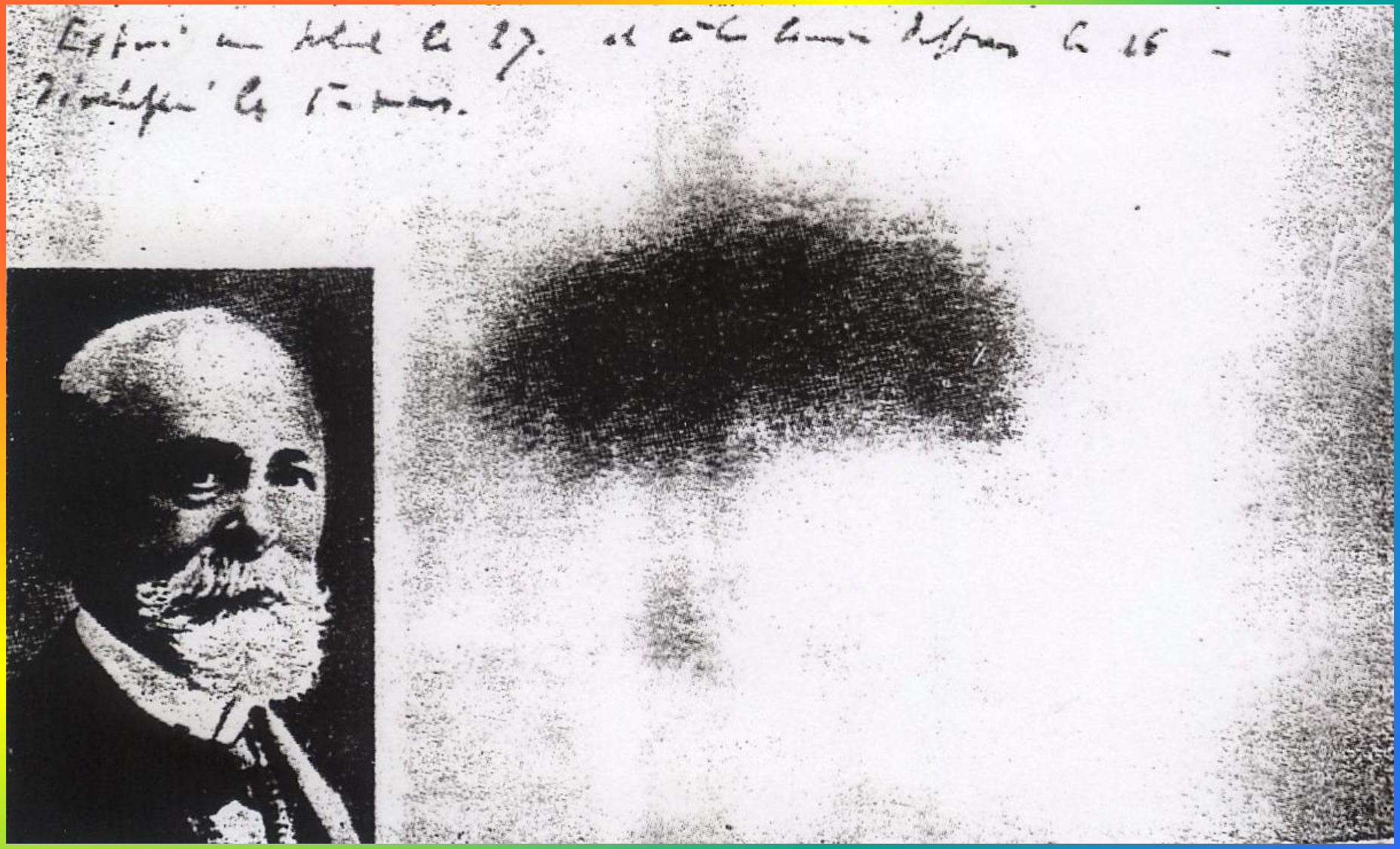
?

10^{-1}m **10^{-10}m** **10^{-14}m**



Kilka słów o historii,
ale w zupełnie innej skali
Był przełom wieków
XIX/XX.

1896 – Henri Becquerel – badając zjawiska luminescencji dokonuje (przez przypadek) odkrycia nieznanego promieniowania emitowanego samoistnie przez związki uranu.

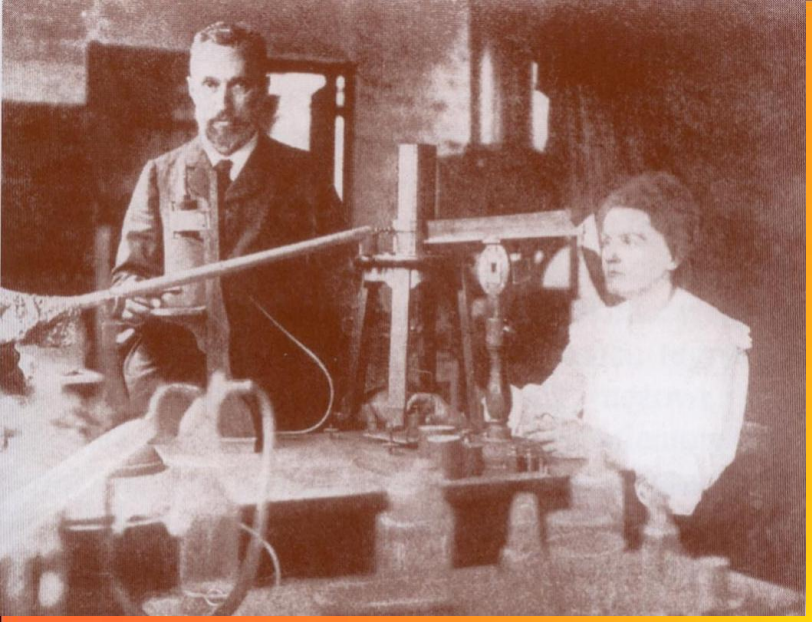


Maria Skłodowska-Curie
„Jej pierwsze kroki”

Zdecydowałam się wreszcie na temat swojej pracy doktorskiej. Uwagę moją zwróciły ciekawe wyniki badań Henri Becquerela nad solami rzadkiego metalu, uranu. Becquerel zauważył, że jeśli umieścić na płycie fotograficznej pokrytej czarnym papierem sól uranu, to zmienia się ona tak, jak gdyby padło na nią światło. Dzieje się to pod wpływem szczególnych promieni, wysyłanych przez sól uranową, różniących się od zwykłych promieni świetlnych, ponieważ mogą one przenikać przez czarny papier. Becquerel wykazał również, że te promienie potrafią rozbrajać elektroskop. Zrazu sądził on, że promienie uranowe powstają na skutek wyeksponowania soli uranowych na światło, lecz doświadczenie przekonało, że sole te, nawet po kilkumiesięcznym trzymaniu ich w ciemności, nie przestają wysyłać swych osobliwych promieni.

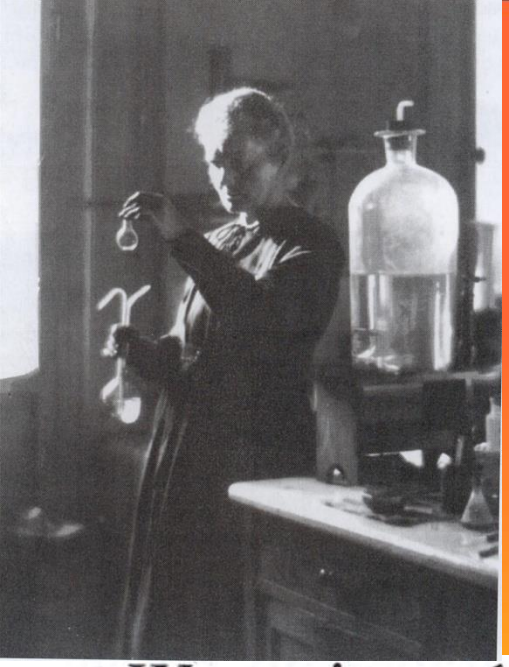
Odkrycie nowych pierwiastków promieniotwórczych: Polonu i Radu

Miałam okazję zbadać sporą ilość minerałów; niewiele z nich okazało się czynnych, te mianowicie, w których znajdował się uran albo tor. Aktywność tych minerałów nie miałaby w sobie nic zadziwiającego, gdyby była proporcjonalna do ilości zawartego w nich uranu lub toru. Ale tak nie było. Niektóre z tych minerałów wykazywały aktywność trzy albo cztery razy większą, aniżeli wypadło z obliczeń dla uranu. Sprawdziłam ten uderzający fakt starannie i nie mogłam wątpić, że jest prawdziwy. Zastanawiając się nad jego przyczyną doszłam do wniosku, że można go było wyjaśnić tylko w jeden sposób, a mianowicie, że musi istnieć w tych minerałach jakaś substancja nieznana, a bardzo czynna. Mąż mój zgodził się ze mną i nalegał, ażebyśmy od razu zaczęli poszukiwać tej substancji, w nadziei, że połączony nasz wysiłek szybko doprowadzi do jej wykrycia. Żadne z nas nie mogło jednak przewidzieć, że rozpoczynając tę pracę wchodzimy na drogę nowej gałęzi wiedzy, którą podążać już będziemy aż do końca życia. !!!!!!!!



Pierwsze instrumenty i metody pomiarowe

Ponieważ nie znaliśmy z początku żadnej z cech chemicznych nieznanej substancji, lecz to tylko, że wysyła promienie, więc za pomocą tych promieni szukać jej należało. Rozpoczęliśmy analizę od blendy smolistej z Joachimowa. Do zwykłych metod chemicznych dodaliśmy ponadto badanie poszczególnych części tej rudy na radioaktywność za pomocą czułego przyrządu elektrycznego. Było to podstawą nowej metody analizy chemicznej, która w ciągu naszej pracy została rozszerzona z takim wynikiem, że można było już wykryć mnóstwo ciał radioaktywnych.



Zapoczątkowanie nowych dziedzin nauki
Tak narodziła się RADIOCHEMIA.

Wreszcie nadeszła chwila, kiedy wyodrębniona substancja zaczęła wykazywać wszelkie cechy czystego ciała chemicznego. Ciało to, rad, daje widmo swoiste i mogłam ocenić jego ciężar atomowy, znacznie wyższy aniżeli baru. Wykonałam to w roku 1902. Posiadałam wtedy jeden decygram bardzo czystego chlorku radu. Czterech lat potrzebowałam, ażeby dowieść w sposób zgodny z wymaganiami chemii, iż rad jest rzeczywiście nowym pierwiastkiem. Gdybym rozporządzała odpowiednimi środkami, jeden rok zapewne by wystarczył. Wynik, który kosztował tak wiele wysiłku, stał się podwaliną nowej nauki o promieniotwórczości.

Fot. 75 Ręka Piotra, na której uczony sprawdzał działanie radu na skórę.

Zapoczątkowanie nowej metody leczenia - RADIOTERAPII

Pierwsze doświadczenia nad własnościami biologicznymi radu wykonano jeszcze za życia mego męża we Francji przy użyciu próbek pochodzących z naszego laboratorium. Wyniki były od razu zachęcające, tak iż nowa metoda terapeutyczna, zwana radiolecznictwem (we Francji curieterapia) szybko rozwijała się we Francji.

Łatwo zrozumieć, jak bardzo cenię sobie przekonanie, iż nasze odkrycie stało się dobrodziejstwem ludzkości – nie tylko ze względu na swoją wielką wartość naukową, lecz także dlatego, że potrafi zmniejszyć ludzkie cierpienie i leczyć tę straszną chorobę. Jest to zaprawdę wspaniała nagroda za lata naszego wielkiego trudu.

Maria Curie za kierownicą samochodu radiologicznego w październiku 1917 roku.

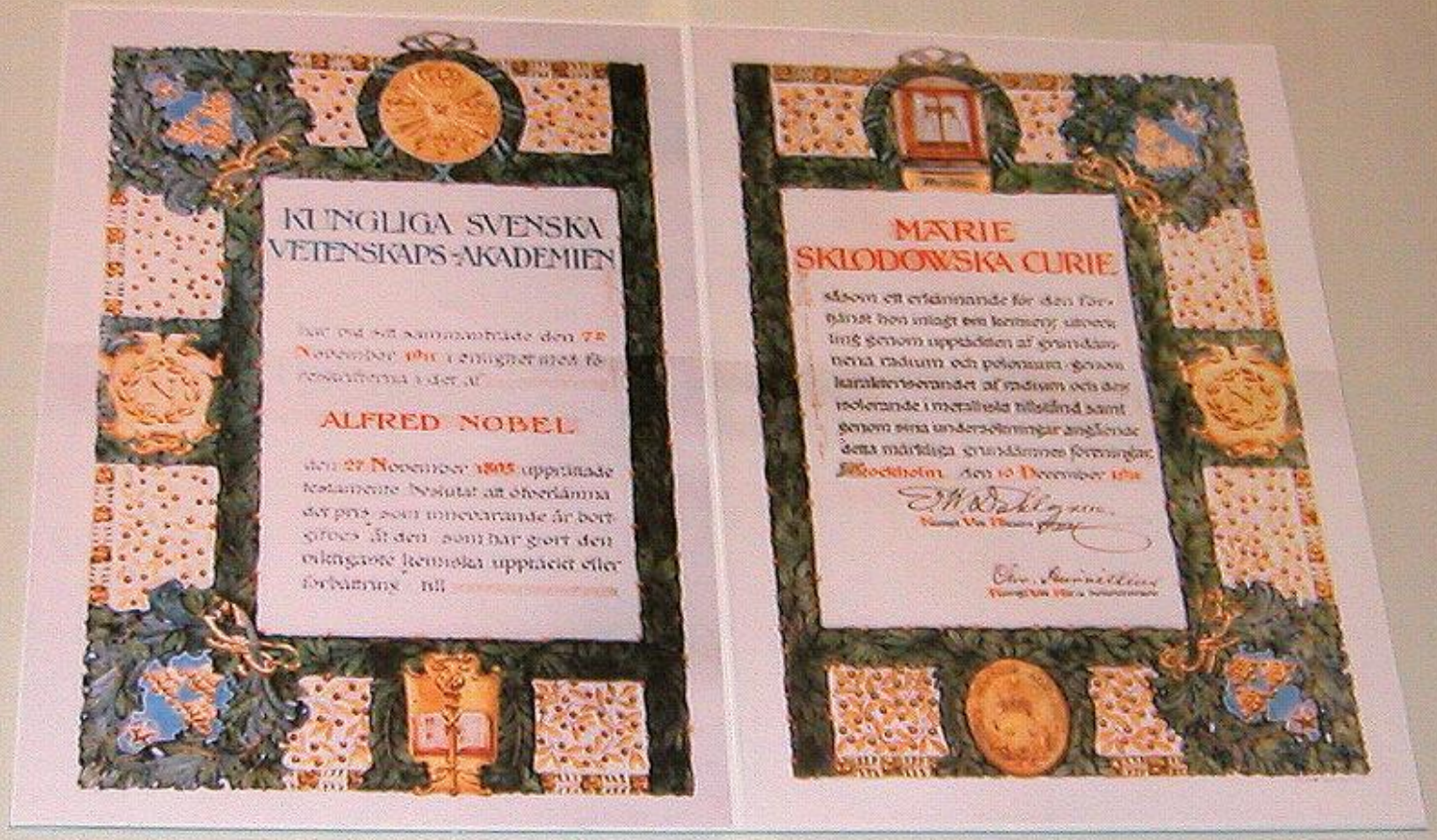
Podczas podróży wozem radiologicznym nastręczały się znowu inne problemy. Trzeba było szukać schronienia dla wozu i mieszkania dla pomocników oraz zdobywać części samochodowe. Ponieważ brakowało szoferów, nauczyłam się sama prowadzić auto i czyniłam to zawsze, kiedy tylko zaszła taka potrzeba. Dzięki osobistemu nadzorowi moje urządzenia zwykle prędko instalowano, podczas gdy na odpowiedź z Centralnego Wydziału Zdrowia długo nieraz trzeba było czekać. Stąd przełożeni wojskowi cenili sobie moją pomoc, zwłaszcza w nagłej potrzebie.

Zastosowanie RADIODIAGNOSTYKI na polu walki.

Upływał wiek XX.

Maria otrzymała dwie nagrody Nobla:

1. 1903 z fizyki (wspólnie z Pierre'm Curie i Becquerelem
2. 1911 z chemii



Dyplom Nagrody Nobla z 1911 roku w dziedzinie chemii
dla Marii Skłodowskiej - Curie
(oryginał dyplomu w Bibliotece Narodowej w Paryżu)

Diploma of the Nobel Prize in Physics granted to
Maria Skłodowska - Curie in Chemistry in 1911
(original diploma are in the National Library in Paris)

Diplôme du Prix Nobel attribué à Marie Skłodowska - Curie
dans le domaine de la chimie, 1911

Seated (L-R): Walther Nernst, Marcel Brillouin, Ernest Solvay, Hendrik Lorentz, Emil Warburg, Jean Baptiste Perrin, Wilhelm Wien, Marie Curie, and Henri Poincaré.

Standing (L-R): Robert Goldschmidt, Max Planck, Heinrich Rubens, Arnold Sommerfeld, Frederick Lindemann, Maurice de Broglie, Martin Knudsen, Friedrich Hasenöhrl, Georges Hostelet, Edouard Herzen, James Hopwood Jeans, Ernest Rutherford, Heike Kamerlingh Onnes, Albert Einstein, and Paul Langevin.

1926 – Maria Skłodowska-Curie doktorem „Honoris causa” Politechniki Warszawskiej

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

W IMIENIU

NAJJAŚNIEJSZEJ RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

MY

LUDWIK SZPERL

PROFESOR ZWYCZAJNY CHEMJI ORGANICZNEJ
REKTOR POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

I

JÓZEF ZAWADZKI

DOKTOR FILOZOFJI INŻYNIER-CHEMIK PROFESOR NADZWYCZAJNY TECHNOLOGJI CHEMICZNEJ NIEORGANICZNEJ
DZIEKAN WYDZIAŁU CHEMJI

STWIERDZAMY ŻEŚMY W WYKONANIU UCHWAŁY SENATU AKADEMICKIEGO
Z DNIA TRZECIEGO LISTOPADA ROKU PAŃSKIEGO TYSIĄC DZIEWIĘĆSET DWUDZIESTEGO SZÓSTEGO

OBYWATELCE ZASŁUŻONEJ

MARJI SKŁODOWSKIEJ-CURIE

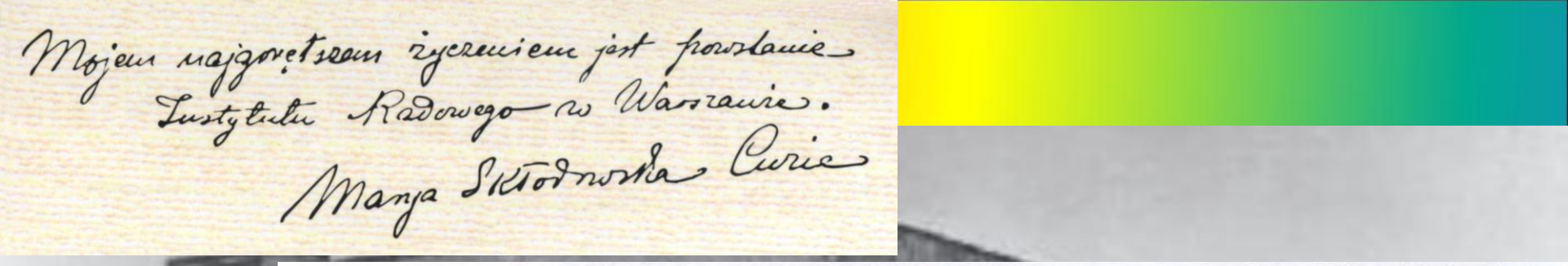
KTÓRA SWEM WIEKOPOMNEM ODKRYCIEM PIERWIASTKÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH SKIEROWAŁA FIZYKĘ I CHEMJĘ
NA NOWE TORY I POLSCE SŁAWY PRZYSPORZYŁA

UROCZYŚCIE TYTUŁ

DOKTORA HONOROWEGO CHEMJI

NADALI

DAN W WARSZAWIE POD PIECZĘCIĄ POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
DNIA DWUDZIESTEGO PIERWSZEGO LISTOPADA ROKU PAŃSKIEGO TYSIĄC DZIEWIĘĆSET
DWUDZIESTEGO SZÓSTEGO



Maria Curie sadzi drzewko w warszawskim Instytucie Radowym (29 maja 1932).

Ze sławy nazwiska „Curie” nie zawsze jednak dobrze korzystano

Minęło ponad 100 lat.
mamy wiek XXI.

Co nam z tamtych lat pozostało?

Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie przy ulicy Freta 16 w Warszawie

Odsłonięcie pomnika Marii Skłodowskiej-Curie w auli głównej Politechniki Warszawskiej, 13 września 2005 r.

Wręczenie nagród laureatom europejskiego programu ”Marie Curie”. Wręczenia dokonuje laureat nagrody Nobla – prof. Gerard ‘t Hooft.

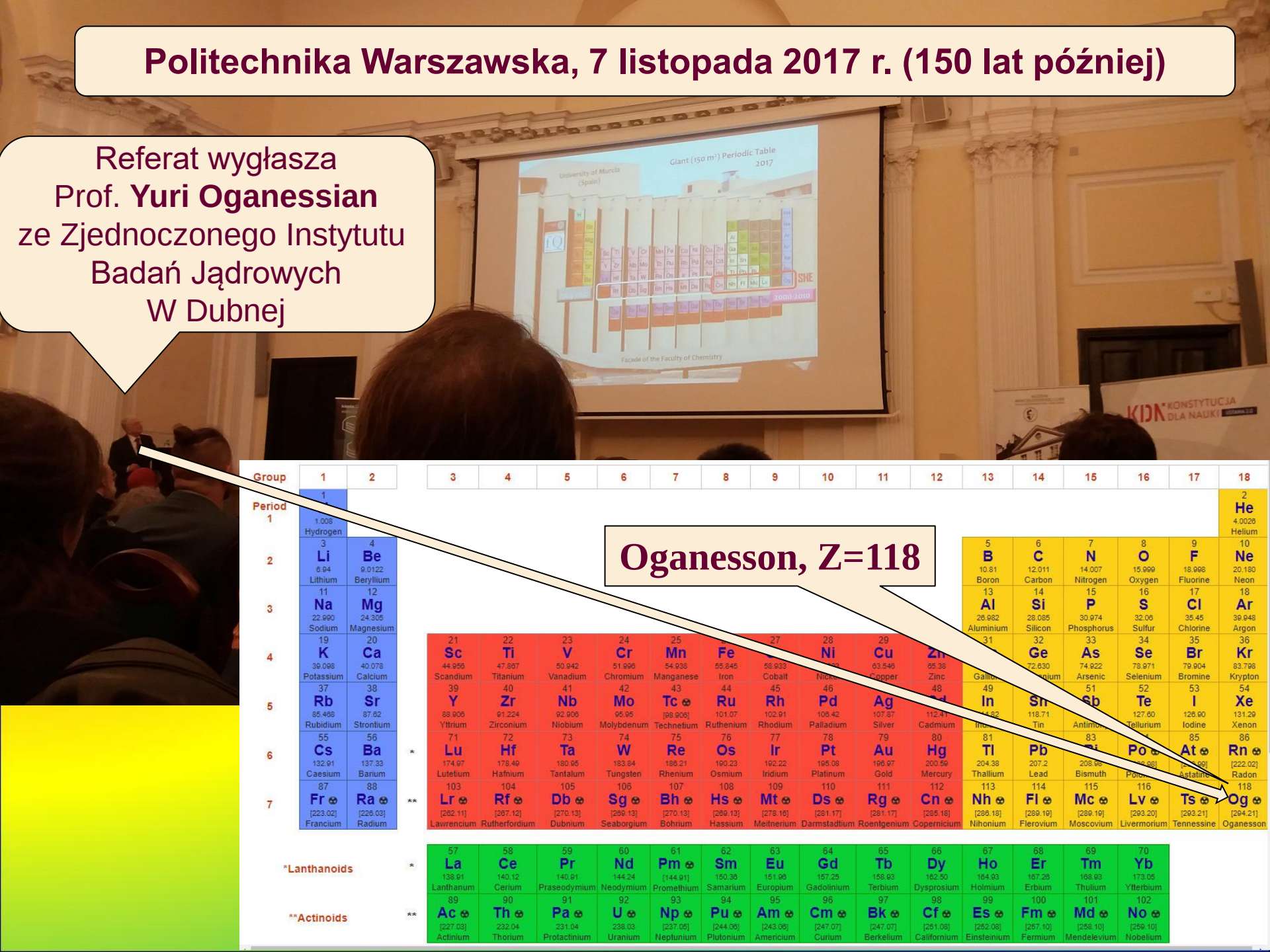
Uroczystość miała miejsce w audytorium Wydz. Fizyki Politechniki Warszawskiej, 7 listopada 2005 roku

CERN

MARIA
SKŁODOWSKA-CURIE
1867-1934
ROUTE MARIE CURIE
Marie Curie 1867-1934
Born in Warsaw, Poland in 1867 as Marya Skłodowska, this French physicist is famous for her work on radioactivity. In 1891 Marie studied mathematics and physics at the Sorbonne University and married Pierre Curie in 1895. Together they undertook their main research in the field of radioactivity and with Henri Becquerel were awarded the Nobel Prize for Physics in 1903, for the discovery of radium and polonium. In 1911 Marie was the sole winner of the Nobel Prize for Chemistry for the isolation of pure radium. In 1906 she became the first woman professor at the Sorbonne and in 1918 she set up the first Radium Institute in Paris helping medicine and industrial research. Marie died from leukemia in 1934, thought to be an effect of her experiments with radiation.
Salle Curie

Politechnika Warszawska, 7 listopada 2017 r. (150 lat później)

Referat wygłasza
Prof. **Yuri Oganessian**
ze Zjednoczonego Instytutu
Badań Jądrowych
W Dubnej



Group	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period 1	1 H 1.008 Hydrogen																		2 He 4.0026 Helium
2	3 Li 6.94 Lithium	4 Be 9.0122 Beryllium												5 B 10.81 Boron	6 C 12.011 Carbon	7 N 14.007 Nitrogen	8 O 15.999 Oxygen	9 F 18.998 Fluorine	10 Ne 20.180 Neon
3	11 Na 22.990 Sodium	12 Mg 24.305 Magnesium												13 Al 26.982 Aluminium	14 Si 28.085 Silicon	15 P 30.974 Phosphorus	16 S 32.06 Sulfur	17 Cl 35.45 Chlorine	18 Ar 39.948 Argon
4	19 K 39.098 Potassium	20 Ca 40.078 Calcium		21 Sc 44.956 Scandium	22 Ti 47.867 Titanium	23 V 50.942 Vanadium	24 Cr 51.996 Chromium	25 Mn 54.938 Manganese	26 Fe 55.845 Iron	27 Co 58.933 Cobalt	28 Ni [illegible] Nickel	29 Cu 63.546 Copper	30 Zn 65.38 Zinc	31 Ga [illegible] Gallium	32 Ge 72.630 [illegible]nium	33 As 74.922 Arsenic	34 Se 78.971 Selenium	35 Br 79.904 Bromine	36 Kr 83.798 Krypton
5	37 Rb 85.468 Rubidium	38 Sr 87.62 Strontium		39 Y 88.906 Yttrium	40 Zr 91.224 Zirconium	41 Nb 92.906 Niobium	42 Mo 95.95 Molybdenum	43 Tc ☢ [98.906] Technetium	44 Ru 101.07 Ruthenium	45 Rh 102.91 Rhodium	46 Pd 106.42 Palladium	47 Ag 107.87 Silver	48 Cd 112.41 Cadmium	49 In [illegible] Indium	50 Sn 118.71 Tin	51 Sb [illegible] Antimony	52 Te 127.60 Tellurium	53 I 126.90 Iodine	54 Xe 131.29 Xenon
6	55 Cs 132.91 Caesium	56 Ba 137.33 Barium	*	71 Lu 174.97 Lutetium	72 Hf 178.49 Hafnium	73 Ta 180.95 Tantalum	74 W 183.84 Tungsten	75 Re 186.21 Rhenium	76 Os 190.23 Osmium	77 Ir 192.22 Iridium	78 Pt 195.08 Platinum	79 Au 196.97 Gold	80 Hg 200.59 Mercury	81 Tl 204.38 Thallium	82 Pb 207.2 Lead	83 Bi 208.98 Bismuth	84 Po ☢ [illegible] Polonium	85 At ☢ [illegible] Astatine	86 Rn ☢ [222.02] Radon
7	87 Fr ☢ [223.02] Francium	88 Ra ☢ [226.03] Radium	**	103 Lr ☢ [262.11] Lawrencium	104 Rf ☢ [267.12] Rutherfordium	105 Db ☢ [270.13] Dubnium	106 Sg ☢ [269.13] Seaborgium	107 Bh ☢ [270.13] Bohrium	108 Hs ☢ [269.13] Hassium	109 Mt ☢ [278.16] Meitnerium	110 Ds ☢ [281.17] Darmstadtium	111 Rg ☢ [281.17] Roentgenium	112 Cn ☢ [285.18] Copernicium	113 Nh ☢ [286.18] Nihonium	114 Fl ☢ [289.19] Flerovium	115 Mc ☢ [289.19] Moscovium	116 Lv ☢ [293.20] Livermorium	117 Ts ☢ [293.21] Tennessine	118 Og ☢ [294.21] Oganesson

*Lanthanoids *	57 La 138.91 Lanthanum	58 Ce 140.12 Cerium	59 Pr 140.91 Praseodymium	60 Nd 144.24 Neodymium	61 Pm ☢ [144.91] Promethium	62 Sm 150.36 Samarium	63 Eu 151.96 Europium	64 Gd 157.25 Gadolinium	65 Tb 158.93 Terbium	66 Dy 162.50 Dysprosium	67 Ho 164.93 Holmium	68 Er 167.26 Erbium	69 Tm 168.93 Thulium	70 Yb 173.05 Ytterbium
**Actinoids **	89 Ac ☢ [227.03] Actinium	90 Th ☢ 232.04 Thorium	91 Pa ☢ 231.04 Protactinium	92 U ☢ 238.03 Uranium	93 Np ☢ [237.05] Neptunium	94 Pu ☢ [244.06] Plutonium	95 Am ☢ [243.06] Americium	96 Cm ☢ [247.07] Curium	97 Bk ☢ [247.07] Berkelium	98 Cf ☢ [251.08] Californium	99 Es ☢ [252.08] Einsteinium	100 Fm ☢ [257.10] Fermium	101 Md ☢ [258.10] Mendelevium	102 No ☢ [259.10] Nobelium

Ale czy pozostały
tylko symbole i wspomnienia?

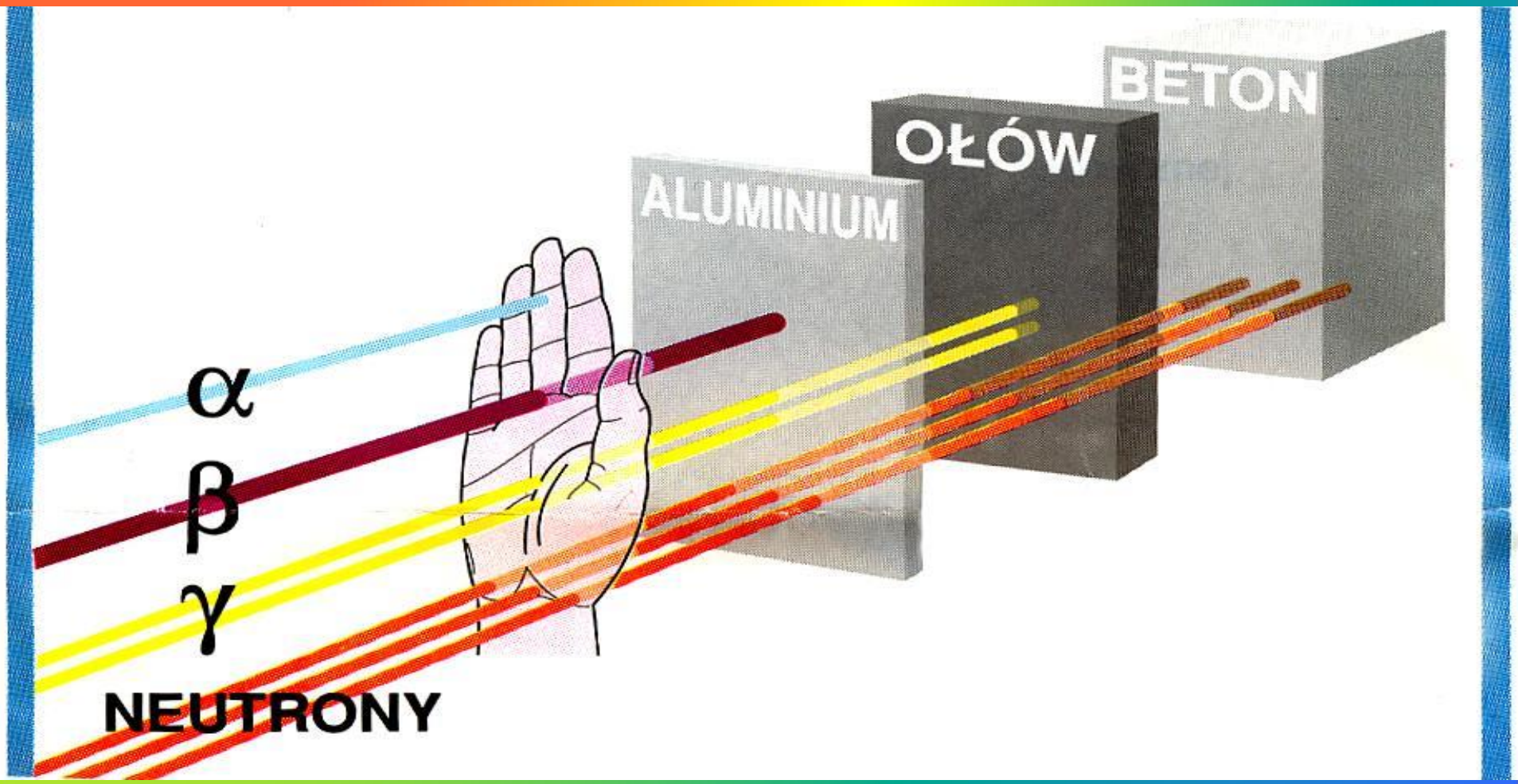
Nie! Pozostały konkrety.

Centrum Onkologii, -Instytut im. Marii Skłodowskiej Curie W Warszawie, ul. Wawelska 15

ale także w Warszawie, ul Roentgena 5, w Krakowie w Gliwicach…

Drogi zastosowań promieniotwórczości.

Promieniowanie jonizujące,
to narzędzie naprawdę - niezwykłe



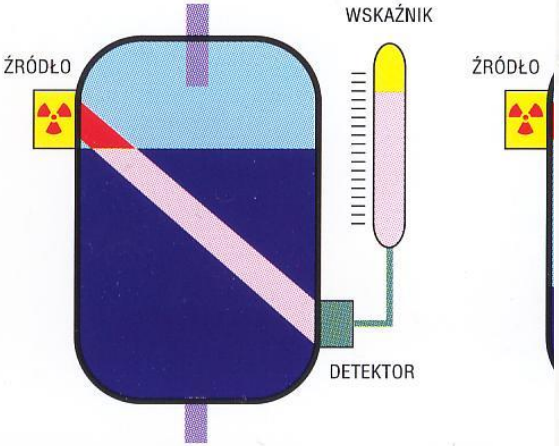
DEFEKTOSKOPIA PRZEMYSŁOWA

Op
nies
kons
lub
met
świe
mikr
oraz
M
dow
mus
z kt
Są
prze
tej r

RADIOMETRYCZNA APARATURA PRZEMYSŁOWA

Aparatura radiometryczna - a
mierniki, czujniki, detektory i regu
rzystuje się promieniowanie - je
w polskim przemyśle.

W przemyśle metalurgicznym i
sztuczne) wykorzystywane są grub
mierniki poziomu materiałów
gęstościomierze umożliwiające zc
matyczną regulację procesów tech
kontaktowy pomiar stężenia kwas
zastosowanie również w wielu innyc



**Zmiana poziomu cieczy powoduje
zmianę intensywności promieni
za pomocą odpowiednie**

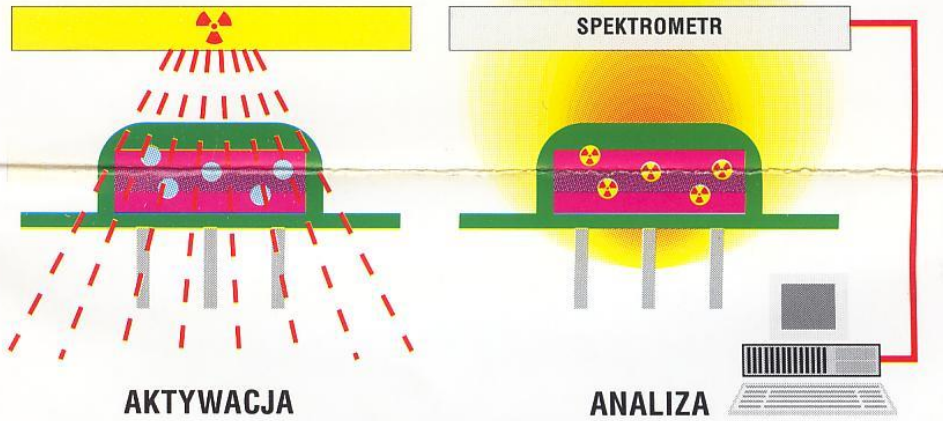
TECHNIKI RADIACYJNE

Techniki radiacyjne stosowane są w różnych gałęziach przemysłu. Wykorzystuje się je do sterylizacji sprzętu medycznego jednorazowego użytku, modyfikacji polimerów, materiałów oraz przyrządów półprzewodnikowych, do barwienia tkanin, szkła i sztucznych, a nawet naturalnych kamieni. Na świecie ilość produktów wytwarzanych lub modyfikowanych radiacyjnie sięga milionów ton rocznie i ciągle wzrasta.

Zasada stosowania technik radiacyjnych polega

ANALIZA AKTYWACYJNA

Jedną z ważniejszych metod wykorzystujących promieniowanie jonizujące - a stosowanych w przemyśle - jest tzw. analiza aktywacyjna, czyli jądrowa analiza składu materiałów.

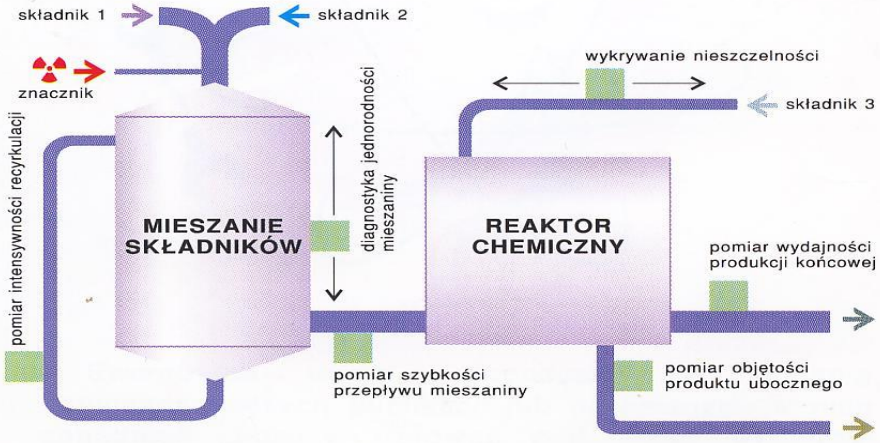


Za pomocą tej metody można określić lub wykryć zanieczyszczenia w półprzewodnikach, luminoforach i innych materiałach o wysokiej czystości. Można również, stosując analizę aktywacyjną, określić ilościową zawartość metali ciężkich w odpadach (np. popiołach), azotu w ziarnach, nawozach sztucznych itp. Jej zaletą jest możliwość oznaczania jednocześnie wielu pierwiastków.

ZNACZNIKI PROMIENIOTWÓRCZE

W przemyśle metody znaczników promieniotwórczych znalazły największe zastosowanie do badań obiektów oraz substancji w różnych stanach skupienia. Wykorzystuje się fakt, że wszystkie izotopy danego pierwiastka mają te same własności chemiczne. Zatem izotop promieniotwórczy zachowuje się w czasie określonego procesu jak badany pierwiastek lub materiał, a jednocześnie szybko i dokładnie można zarejestrować jego położenie.

Metody znacznikowe polegają na dodaniu izotopu do materiałów przesyłanych na odległość, poddawanych procesowi mieszania lub zmieniających - podczas obróbki technologicznej - stan skupienia (odparowanie, rozpuszczanie itp.). Pozwala to na śledzenie zmian intensywności promieniowania w różnych miejscach przepływu lub przesuwania się badanego materiału. Ponieważ podczas badań używa się znikomych ilości izotopu o małej aktywności, to wprowadzenie go nie zaburza badanych procesów.



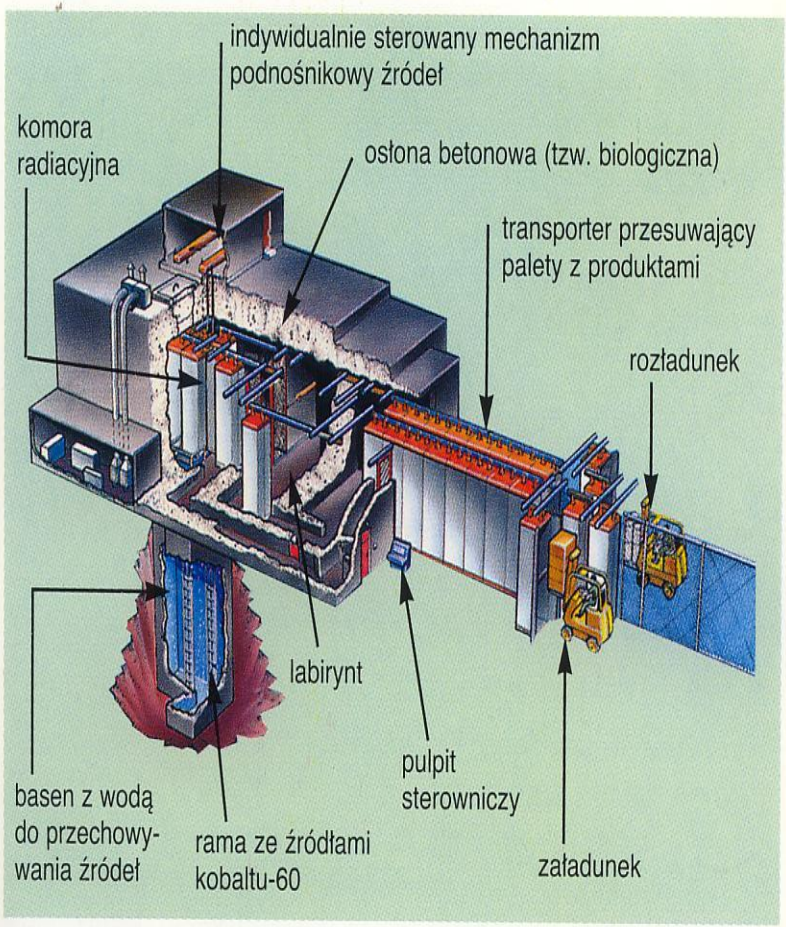
Za pomocą metod znacznikowych można ustalić przepływ materiałów, określić ich prędkość, tor poruszania, dyspersję (niejednorodność). Można przeprowadzić również badania procesów mieszania i rozdzielania składników oraz ich faz. Metody te znalazły zastosowanie w produkcji szkła, w przemyśle papierniczym, chemicznym i metalurgicznym.

Znaczniki promieniotwórcze stosuje się również do badania stopnia zużycia materiałów, narzędzi, śledzenia procesów korozyjnych, badania smarów, a także lokalizacji i pomiarów nieszczelności zbiorników i rurociągów.

URZĄDZENIA

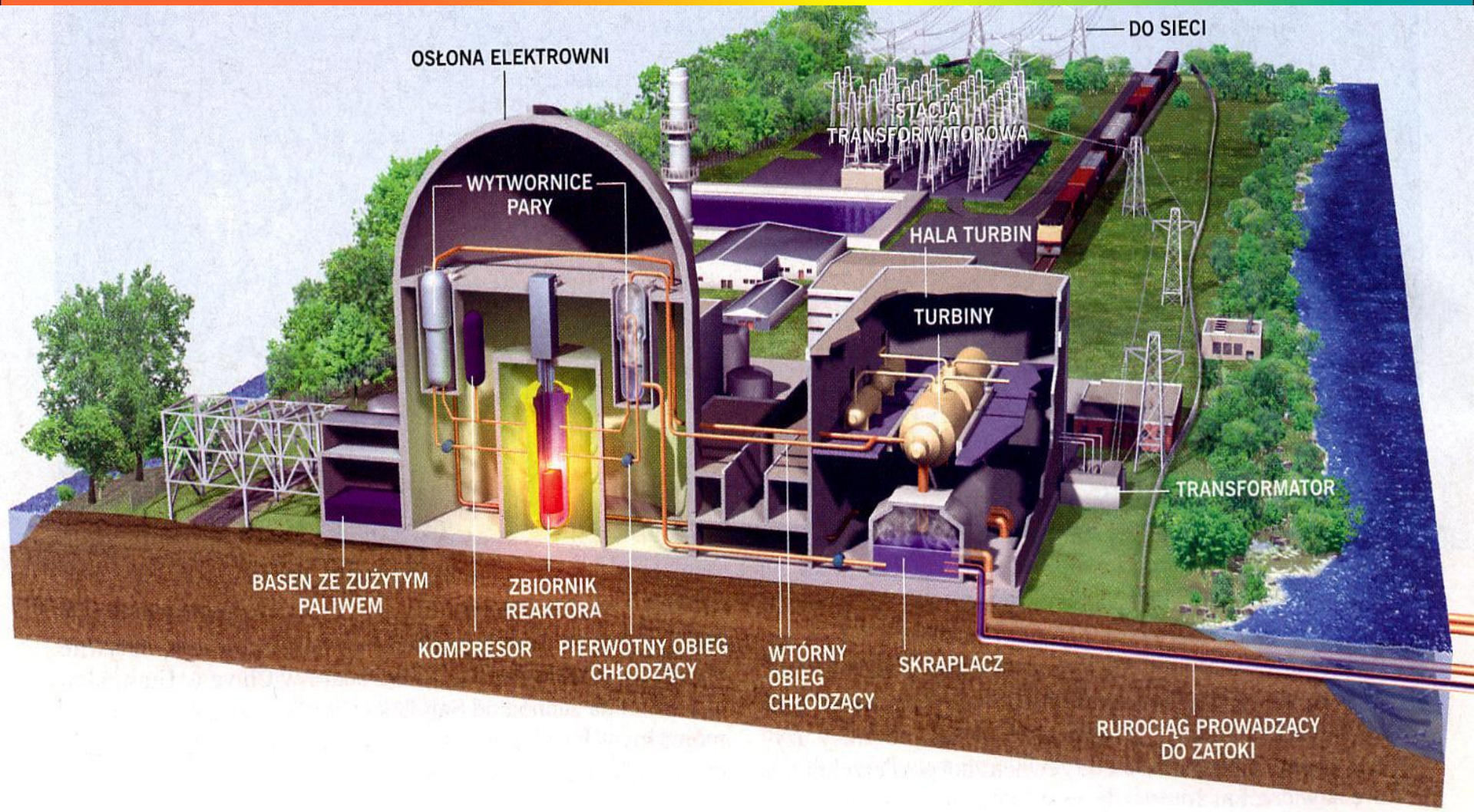
DO RADIACYJNEGO UTRWALANIA ŻYWNOŚCI

W większości instalacji przeznaczonych do napromieniania żywności wykorzystuje się źródła kobaltowe, zawierajace γ-promieniotwórczy izotop kobaltu-60.



Obiekt radiacyjny wyposażony w źródła kobaltowe przeznaczony do napromieniania żywności.

Energetyka jądrowa

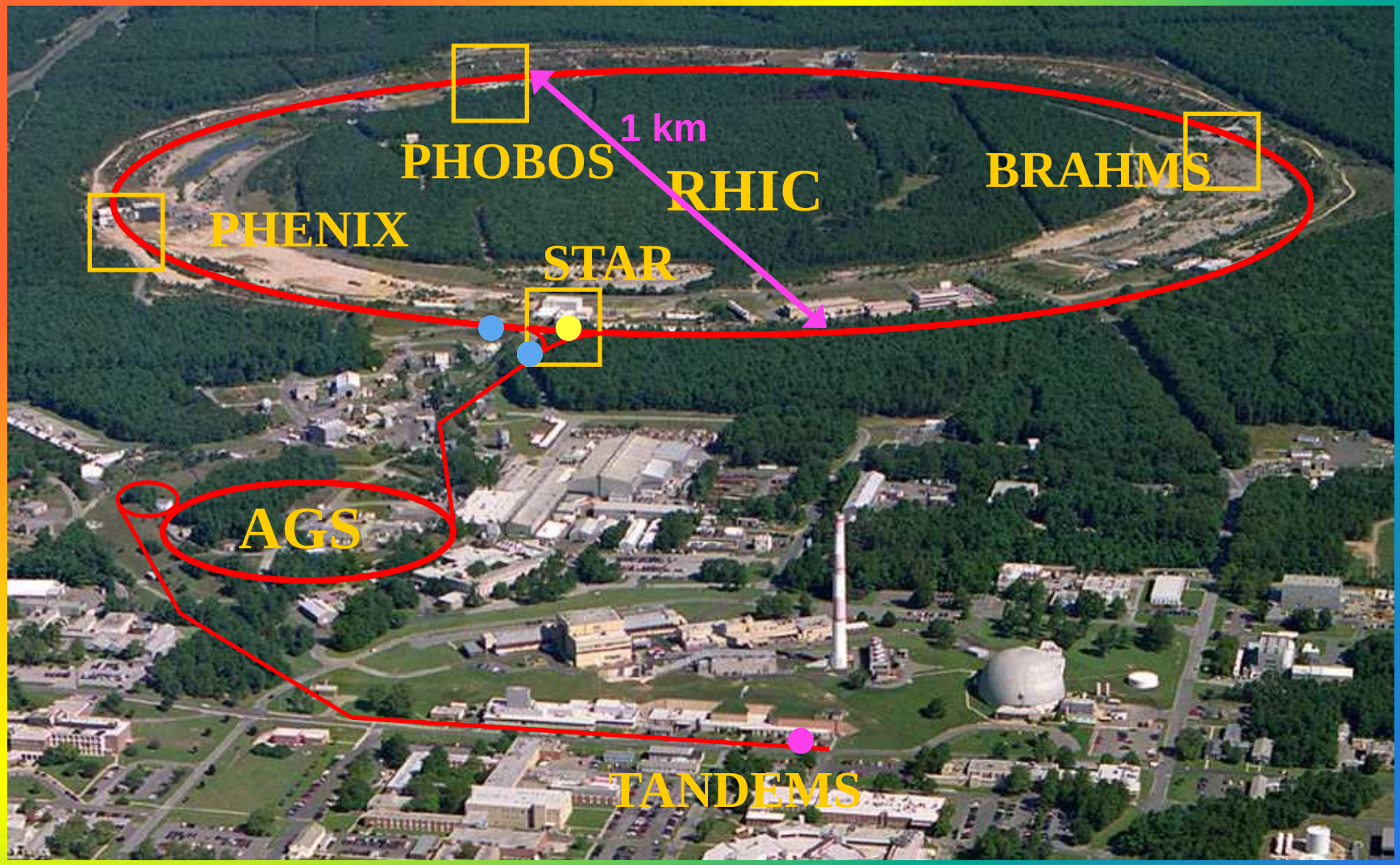


... a badania naukowe?

Powstały ogromne laboratoria fizyki jądrowej skupiające naukowców z całego świata

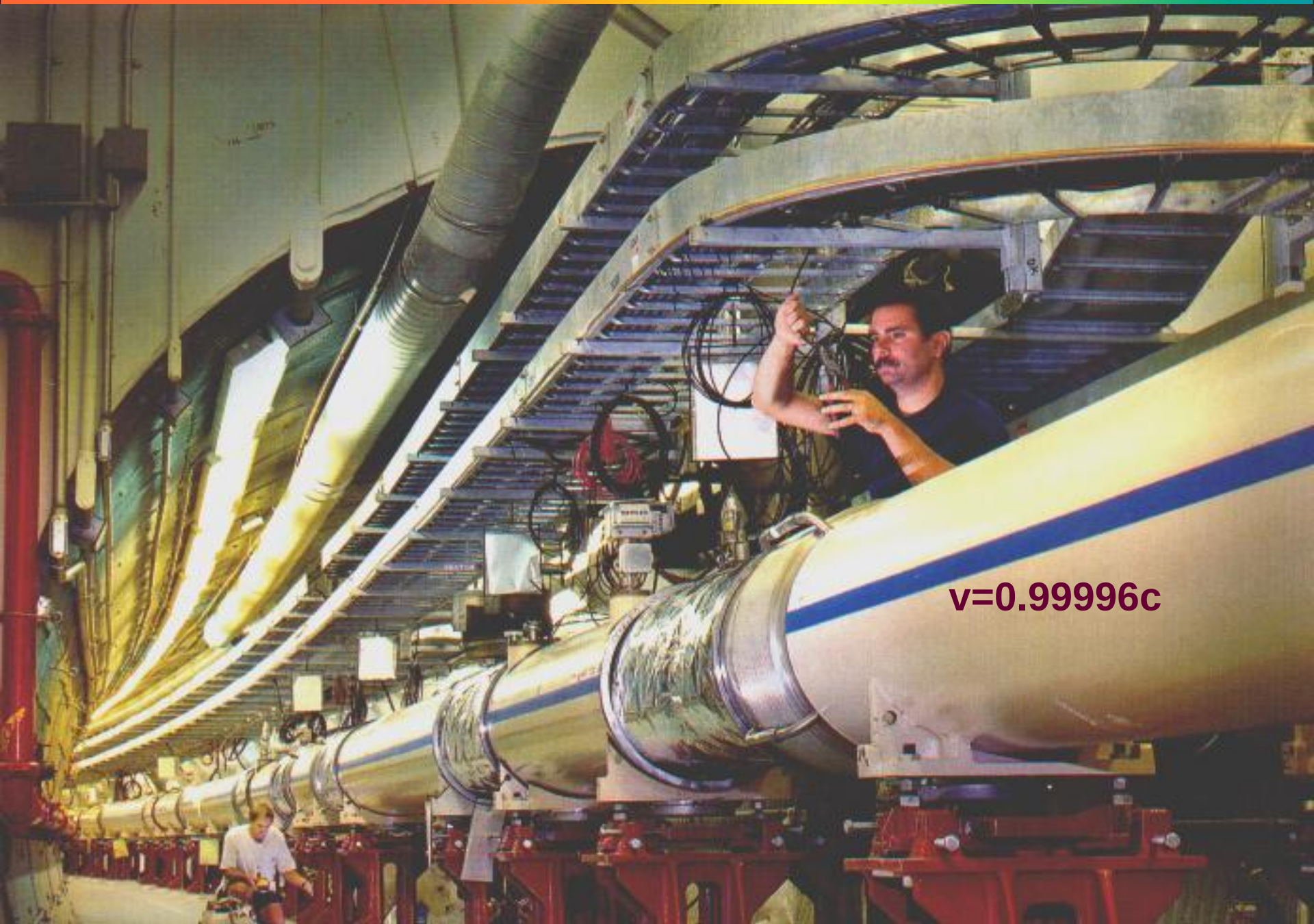
Brookhaven National Laboratory, Long Island (USA)

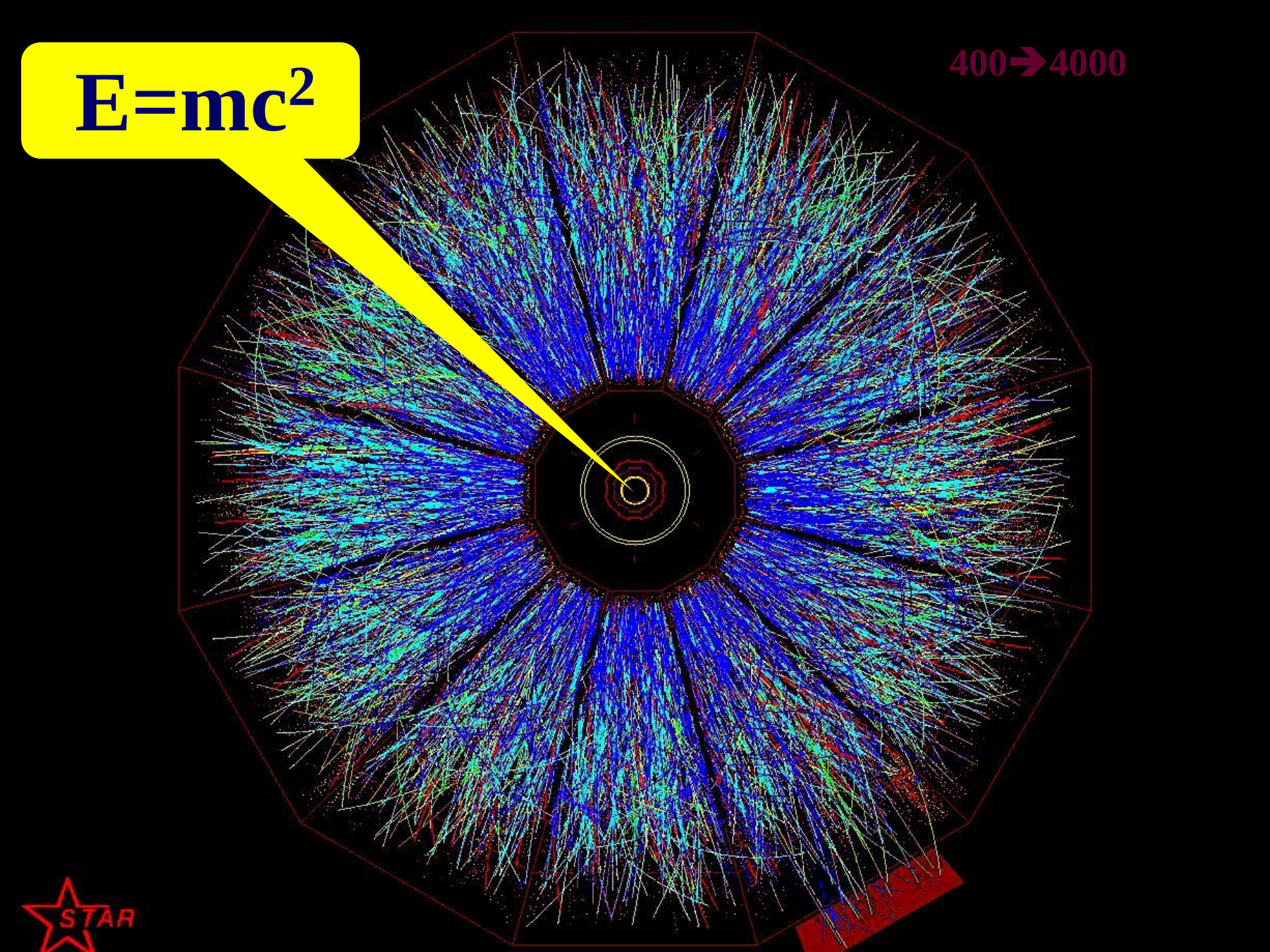
Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) at Brookhaven



animation by Mike Lisa

RHIC - Relativistic Heavy Ion Collider (Zderzacz Relatywistycznych Ciężkich Jonów)

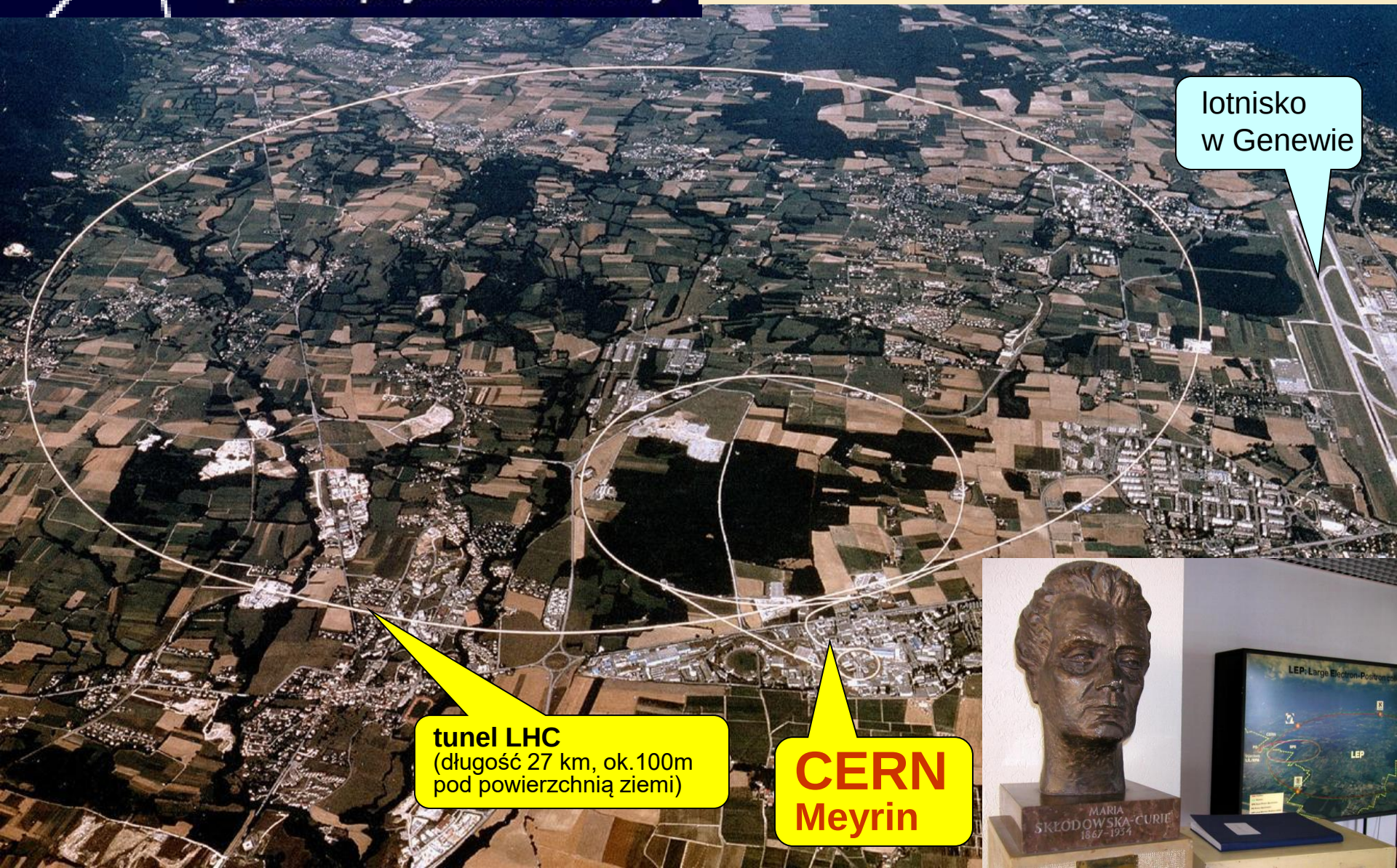



E=mc²
400➔4000
STAR

CERN – największe w świecie laboratorium fizyki jądrowej

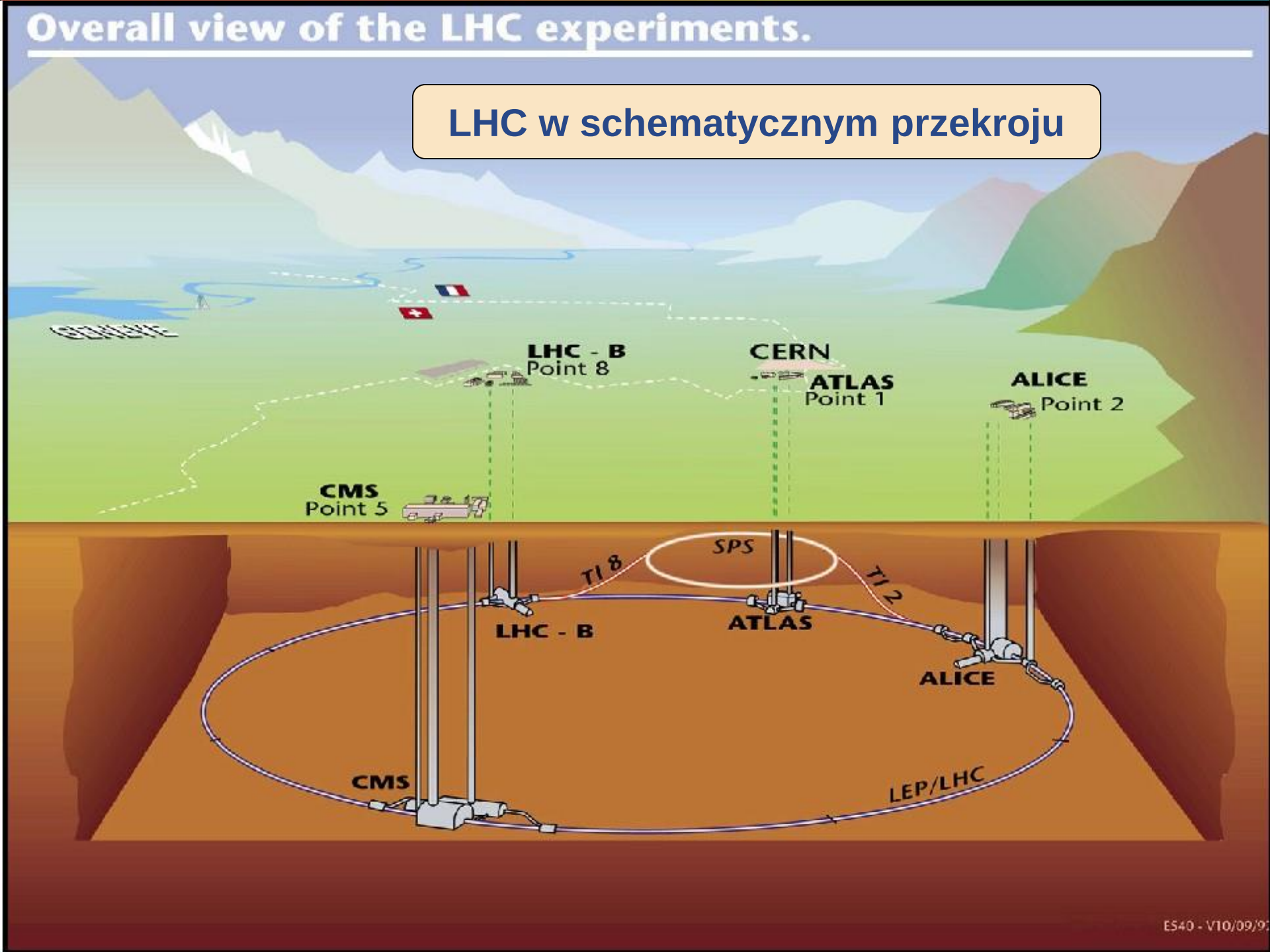
CERN

The world's largest particle physics laboratory



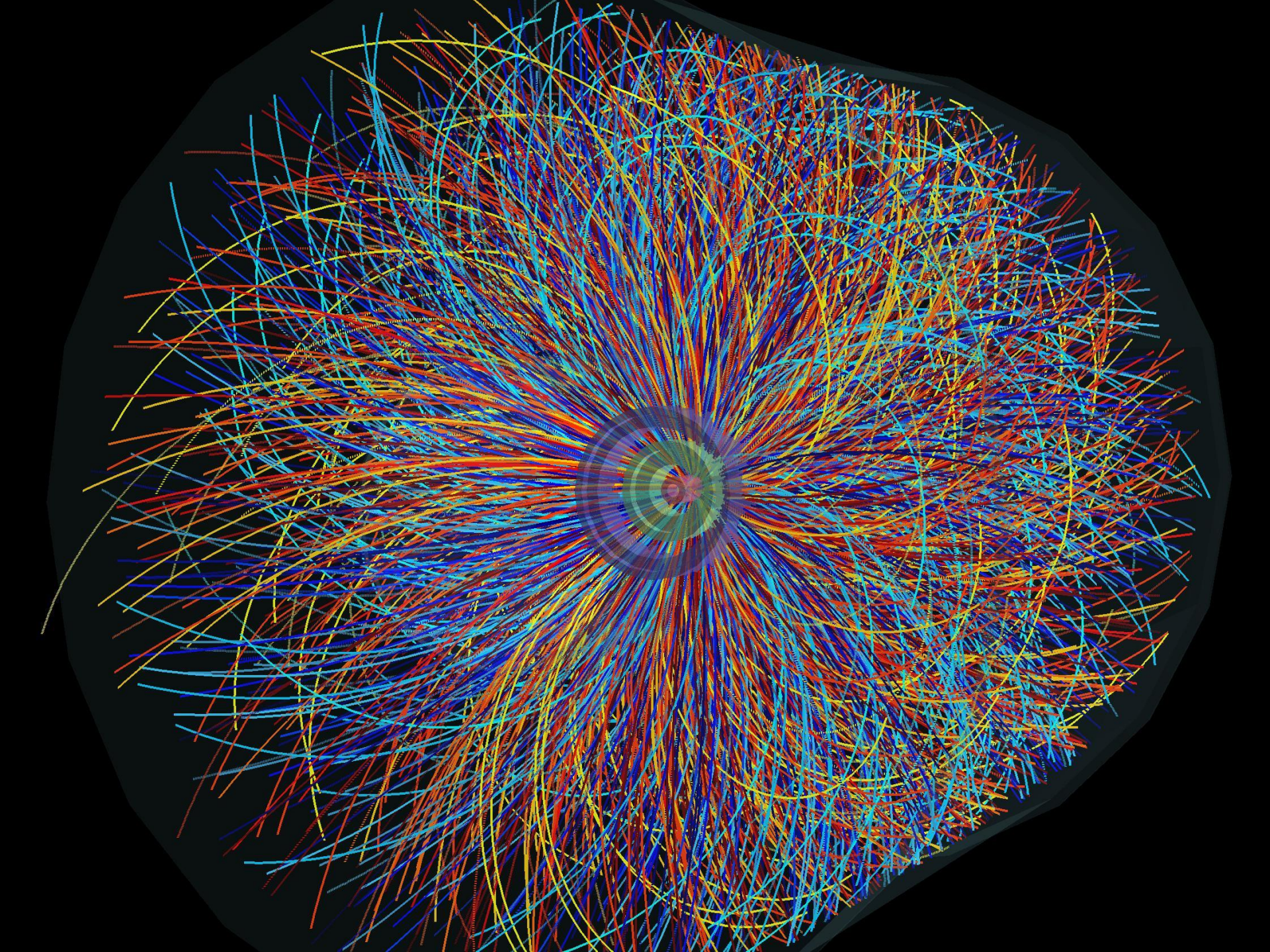
Overall view of the LHC experiments.

LHC w schematycznym przekroju

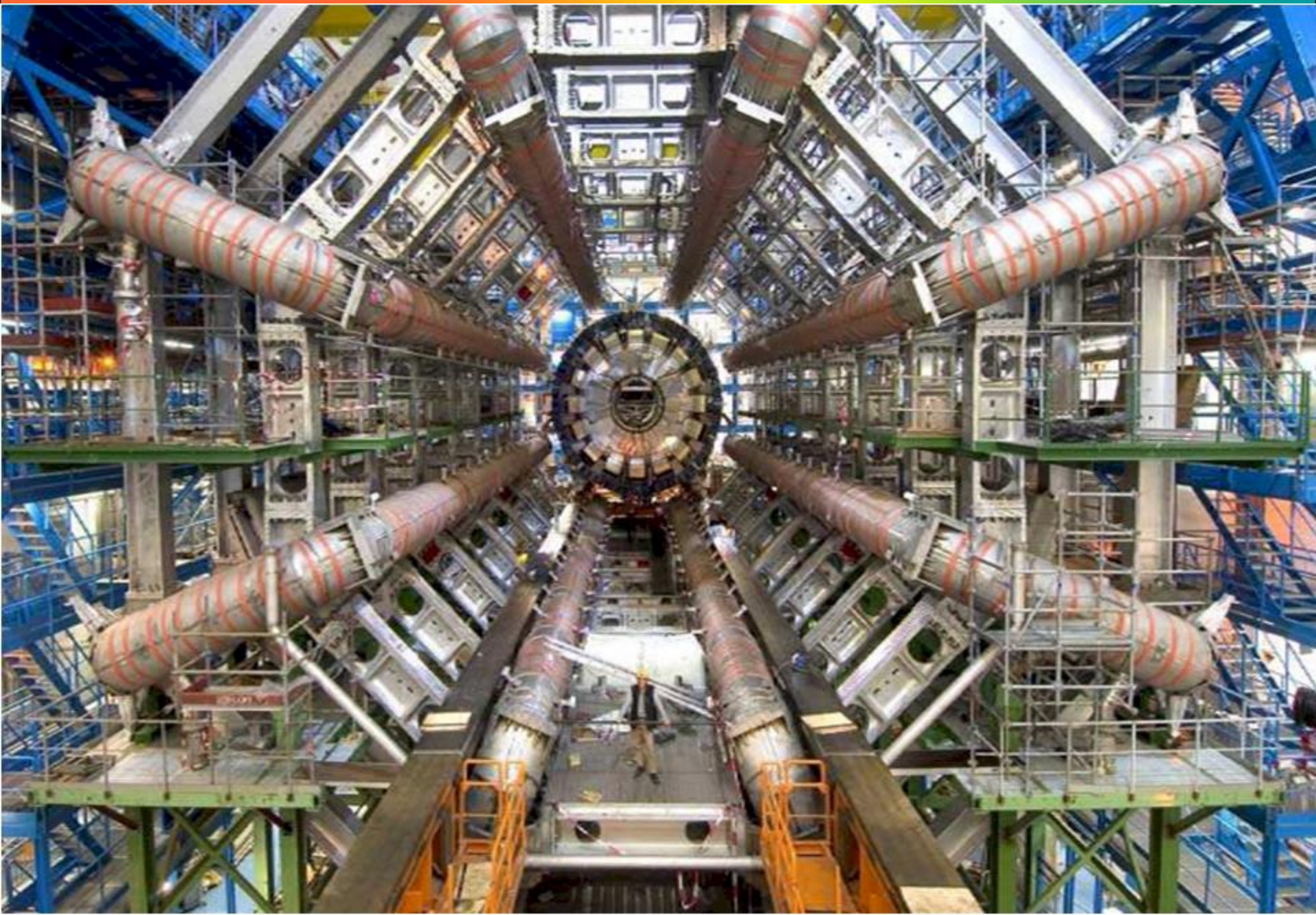


LHC, Large Hadron Collider - Wielki Zderzacz Hadronów

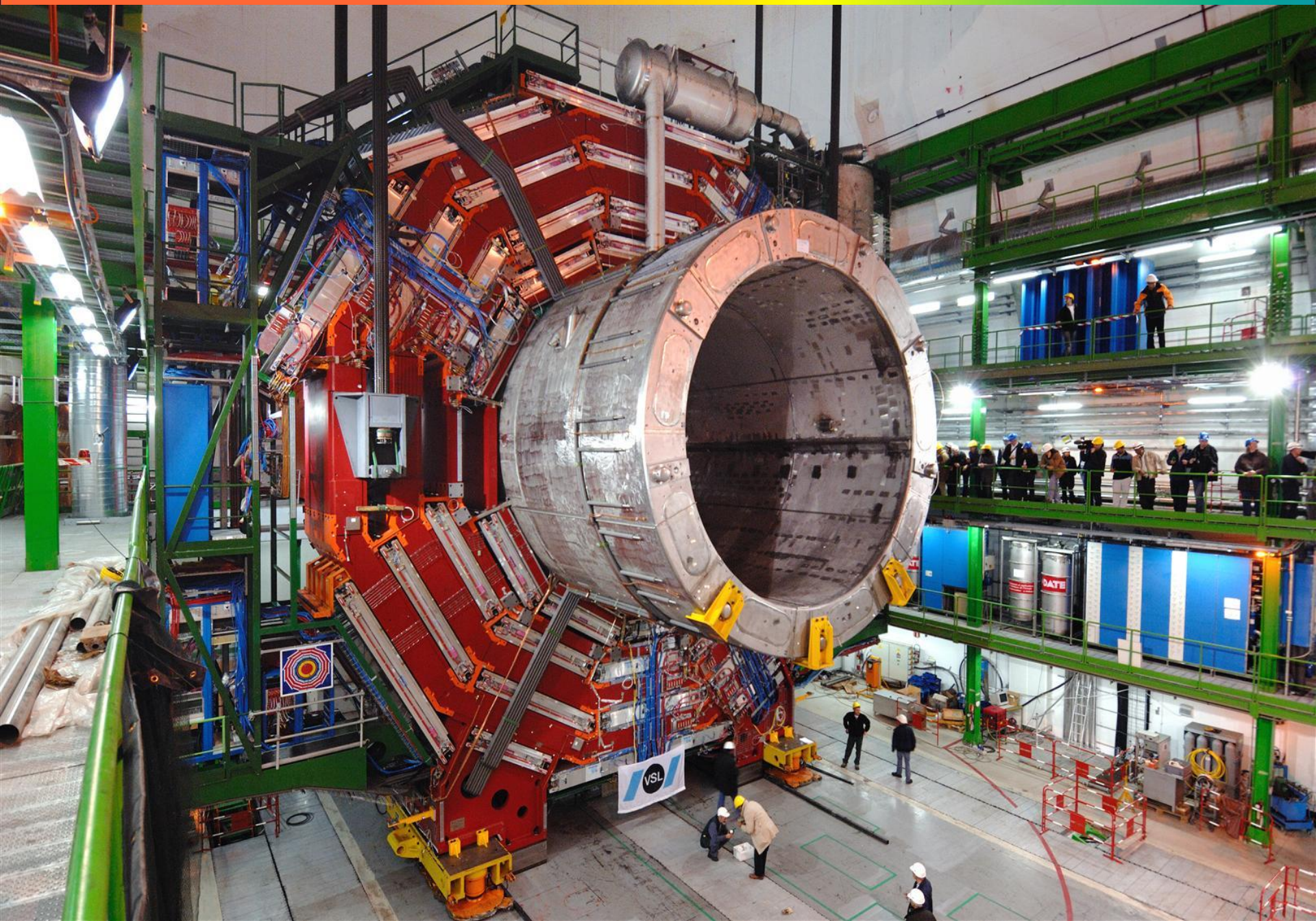
A Large Ion Collider Experiment - ALICE



CERN – eksperyment ATLAS



CERN – eksperyment CMS



A w Polsce?

„Instytucje jądrowe” w okręgu warszawskim

Narodowe Centrum Badań Jądrowych
National Centre for Nuclear Research
ŚWIERK
instytut kategorii A+, JRC collaboration partner

ichtj
INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI JĄDROWEJ

PAA
PAŃSTWOWA AGENCJA ATOMISTYKI

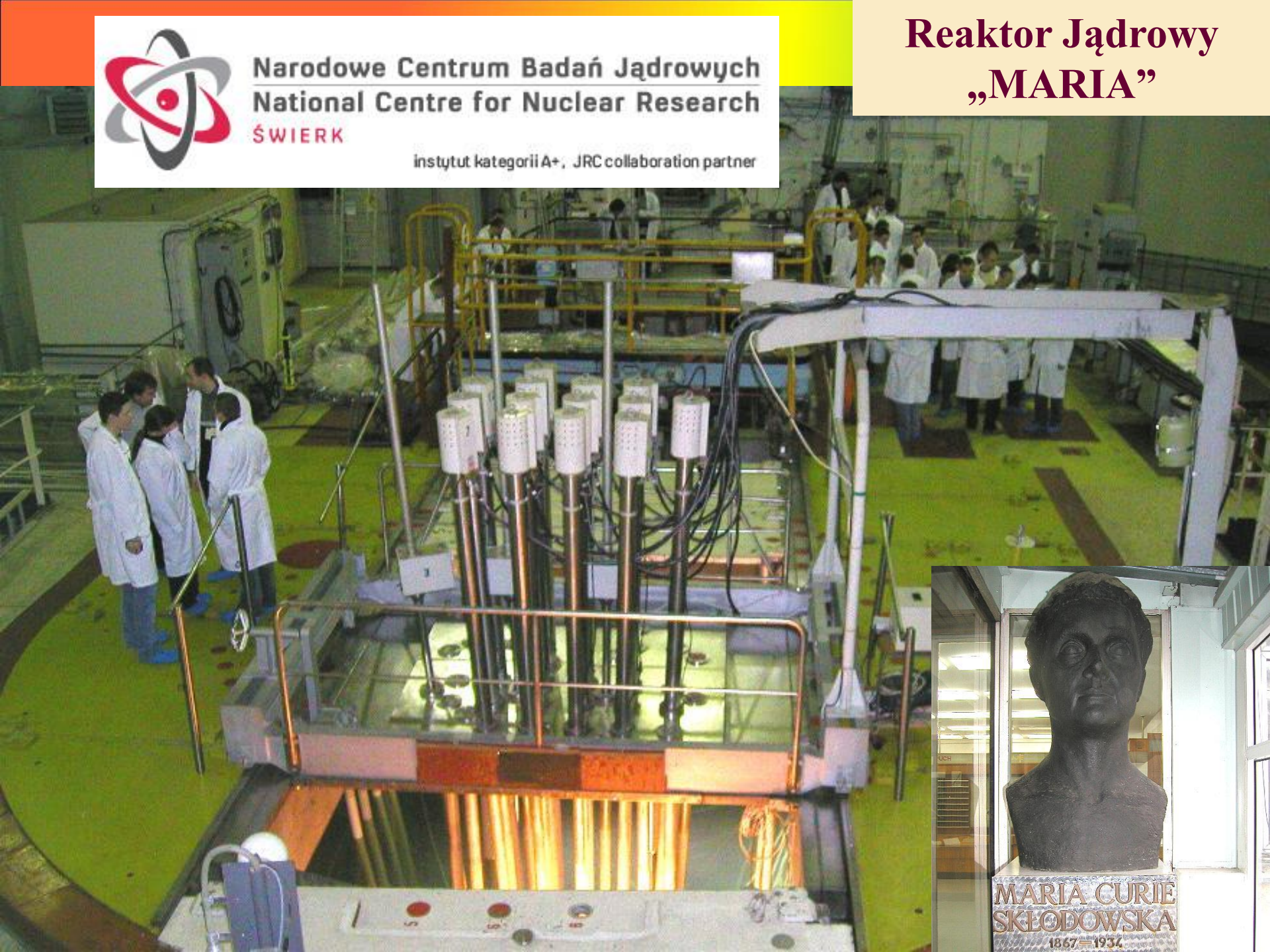
CLOR
Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

CENTRUM ONKOLOGII – INSTYTUT
IM. MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE

INSTYTUT FIZYKI PLAZMY I LASEROWEJ MIKROSYNTEZY
IM. SYLWESTRA KALISKIEGO

Reaktor Jądrowy „MARIA”

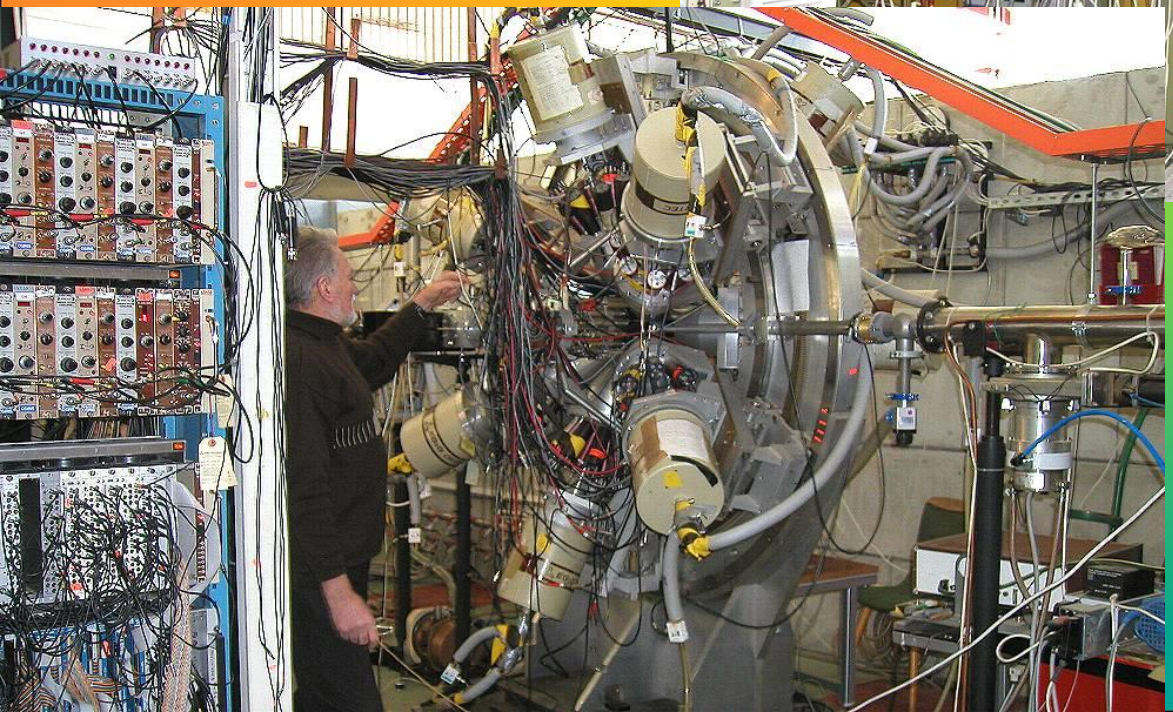
Narodowe Centrum Badań Jądrowych
National Centre for Nuclear Research
ŚWIERK
instytut kategorii A+, JRC collaboration partner



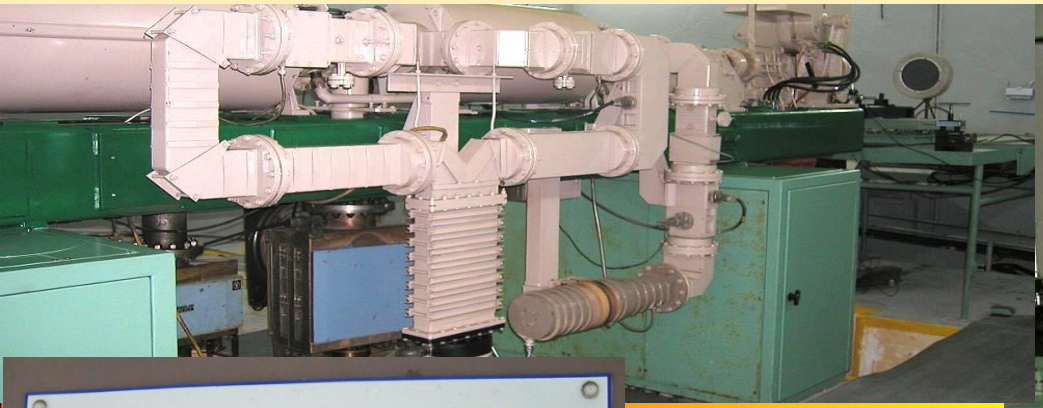
UNIWERSYTET WARSZAWSKI

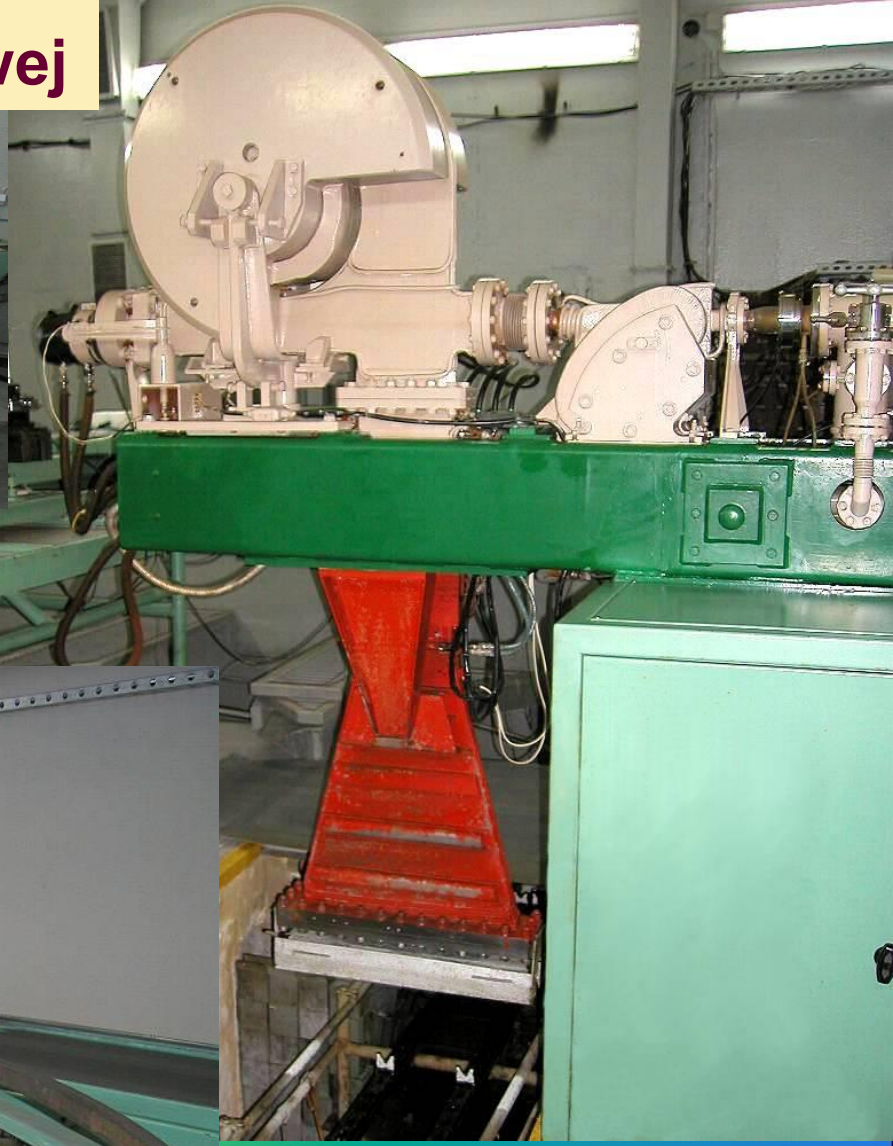
ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM CIĘŻKICH JONÓW

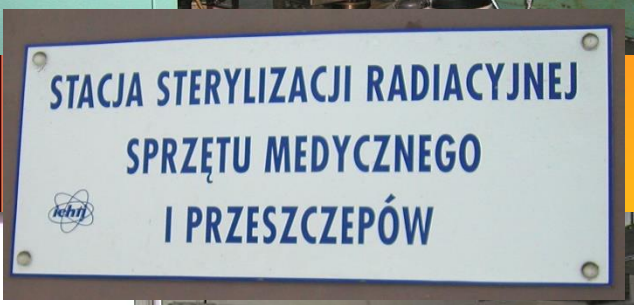
Akcelerator ciężkich jonów



Instytut Chemii i Techniki Jądrowej







Centralne Laboratorium
Ochrony Radiologicznej

Stacja monitoringu dozymetrycznego

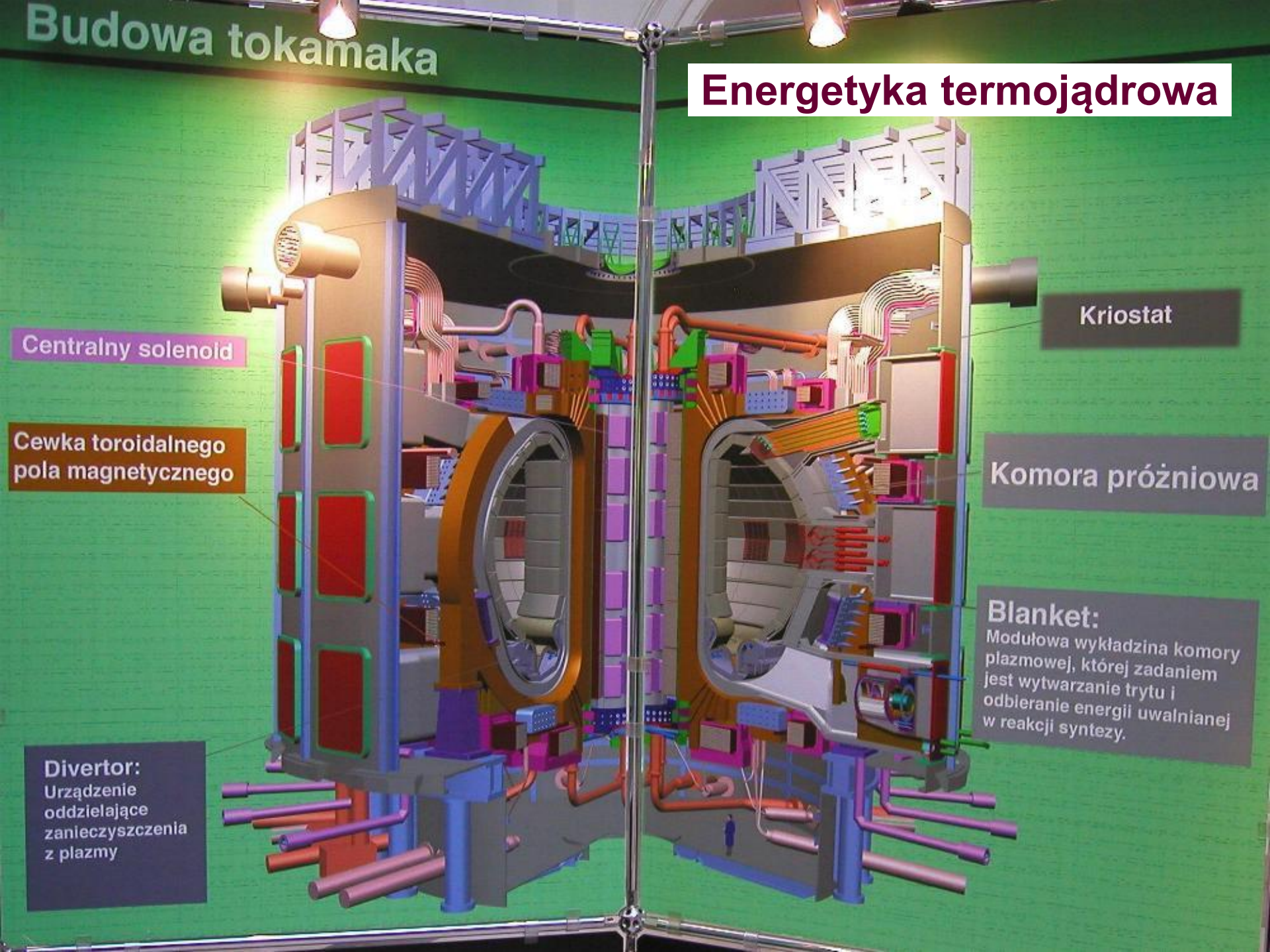
Stanowisko wzorcowania mierników dozymetrycznych

Stacja pobierania próbek powietrza

Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy
Asocjacja Euratom

Generator neutronów Plasma-Focus, PF1000

Energetyka termojądrowa

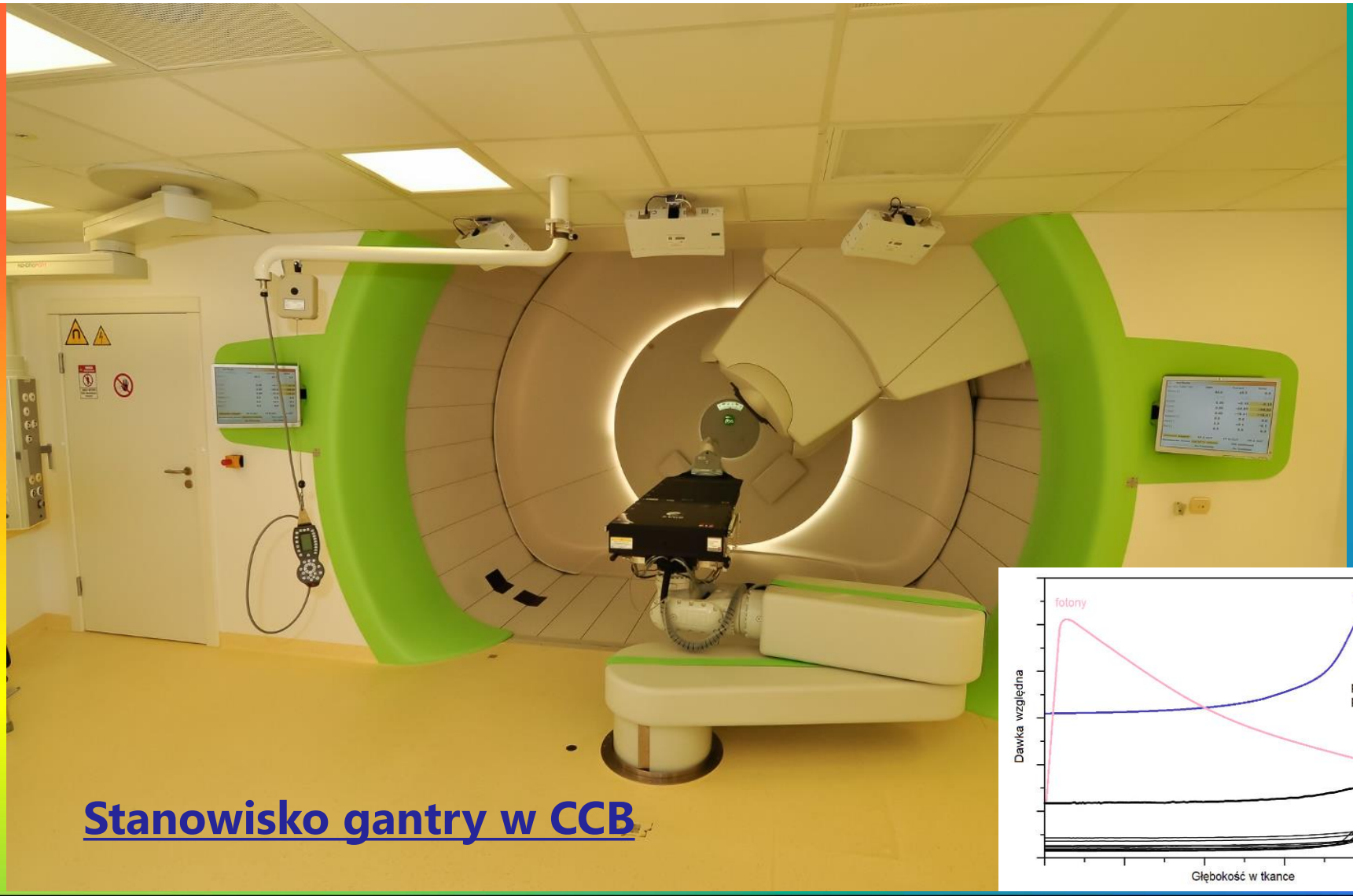


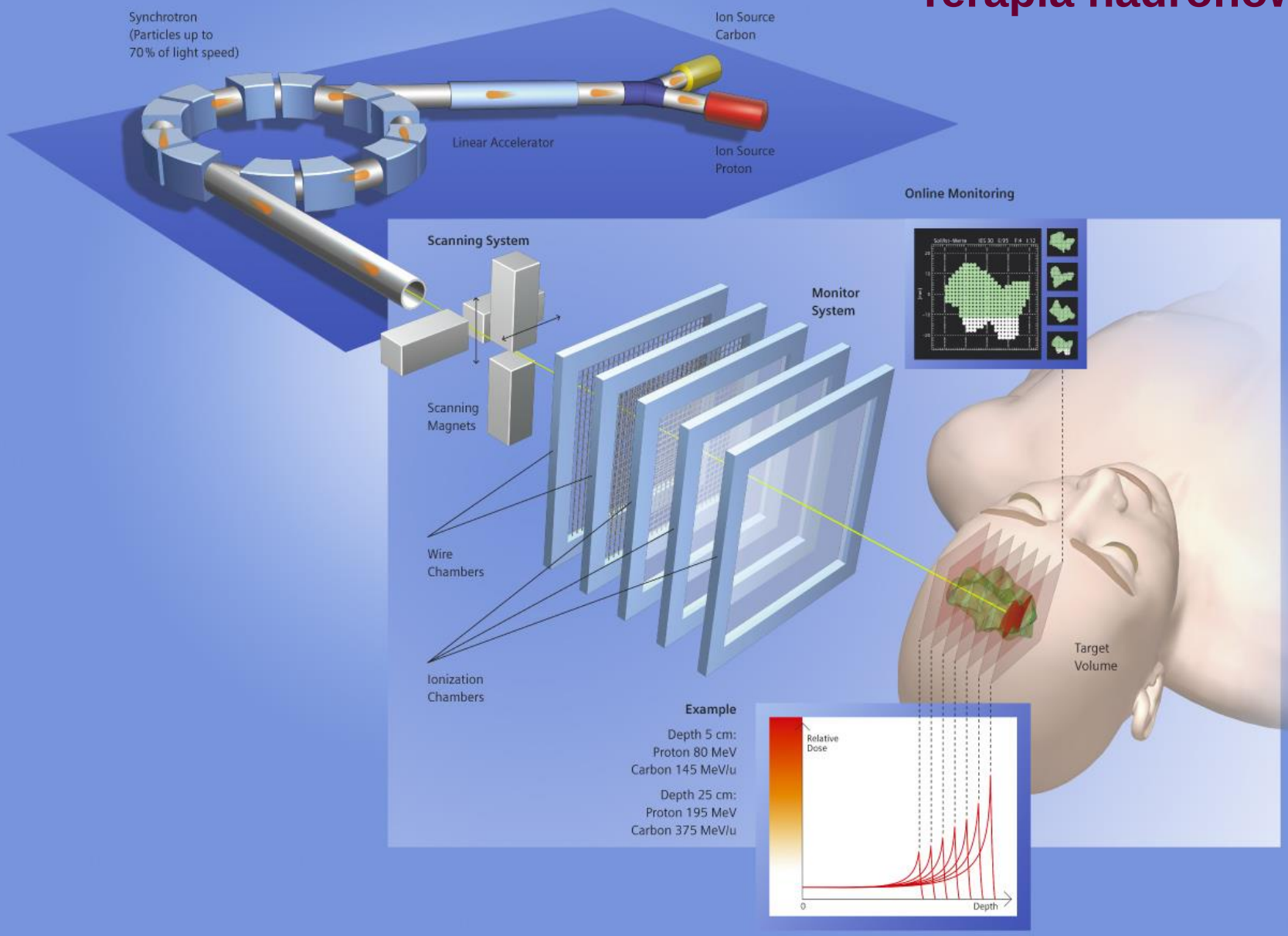
Centrum Cyklotronowe Bronowice

CCB

SITEMAP PL EN

O NAS | STRUKTURA CCB | AKTUALNOŚCI | DLA MEDYCYNY | DLA NAUKI | DLA PRZEMYSŁU | KONTAKT



Stanowisko gantry w CCB

Terapia hadronowa