

Wstęp do fizyki cząstek elementarnych

<http://www.us.edu.pl/~gluza/> -> Teaching

->

Wykład I-II: wprowadzenie

Zaczniemy od ***LHC***

Large Hadron Collider (teoretycy mówią
“Long and Hard Calculations”)

10.09.2008, 9.34

- **Z jednej z gazet:** "Świat składa się z atomów". Wg laureata Nagrody Nobla, nieżyjącego już amerykańskiego fizyka Richarda Feynmana, to zdanie przedstawia nasze największe osiągnięcie poznawcze. Gdyby całą ludzkość czekała zagłada i jako nasze dziedzictwo można byłoby pozostawić jedno zdanie, zawarto by w nim bez wątpienia istnienie elementarnych składników materii. Dzisiaj, 10 września 2008 roku być może rozpoczęła się nowa era w historii ludzkości, porównywalna rangą z lądowaniem misji Apollo 11 na Księżycu, a może nawet ważniejsza (cóż, Księżyc to tylko Księżyc).
- **Z internetu:**
 - Koniec świata coraz bliżej.. Łódź zegna życie.. ~michael , 2008-09-10 18:17
 - no nie koniec świata kopmy bunkier i to szybko ~strachajło , 2008-09-10 19:09
 - Co waszym zdaniem może się wydarzyć po zderzeniu się tych wszystkich protonów ? Ale tak na serio "Ja myślę że" doprowadzi to do małego trzesienia ziem ~Marcin z Zakopanego , 2008-09-10 19:24

- 22.09.2008, wiadomości
- Akcelerator LHC został oficjalnie uruchomiony przed dwoma tygodniami. W ostatni piątek podczas próby zwiększania mocy jednego z elektromagnesów nastąpiła awaria i wyciek blisko tony helu, który służy do schłodzenia maszyny do temperatury ledwie 1,9 st. ponad zero bezwzględne (minus 273,15 st. C). Uległy też rozszczelnieniu rury z próżnią, w których przyspieszane są wiązki protonów (w maszynie nie było jednak cząstek, kiedy doszło do awarii). CERN poinformował, że naprawa będzie wymagała podgrzania jednego z segmentów akceleratora LHC do wyższej temperatury, a to oznacza kilkumiesięczną przerwę.
- Zapewne więc LHC już nie ruszy przed przerwą zimową w końcu listopada, kiedy planowo miał być wyłączony (z powodu wysokich kosztów prądu w sezonie grzewczym). Pierwszych zderzeń protonów oraz poszukiwania nieznanymi składników materii, co jest celem eksperymentu, należy się więc spodziewać dopiero wiosną przyszłego roku.

- Pominię opinie, które po tej wiadomości znowu się pojawiły...

<http://www.us.edu.pl/~us2009>

- Matter to the deepest, Ustroń 2009
- Speakers: Markus Cristinziani: Test of the Standard Model with early LHC data

Collateral damage

- **Electric arc between dipole C24 and quadrupole Q24**

- > 4MW dissipated after one second
- Helium enclosure punctured
- Fast discharge of helium into insulation vacuum (2 tons)
- Large pressure resulted in longitudinal displacement up to tens of cm

Heat of electrical arcs melted 375kg of Copper (equivalent)



Supporting jacks

- Znowu działa, na początku 2010 roku planują dojść do 3.5 TeV
- Obecnie 13-14 TeV

Na świecie jest ok. 1000 akceleratorów

- Medycyna: produkcja radiofarmaceutyków, radioterapia (hadronowa(!), protonowa i oparta na jonach węgla)
- Zastosowanie wielodrutowych komór proporcjonalnych, wynalezionych przez G. Charpaka w CERN, Nobel, 1992, np. przy kontroli celnej samochodów ciężarowych i kontenerów (na terminalu Eurotunelu i w Hawrze).
- Promieniowanie synchrotronowe (42 synchrotrony): badanie struktury wirusów (np. HIV)
- nowe materiały i procesy wytwarzania, techniki konserwacji żywności,...
- Internet (www),..., zobacz [www CERN](http://www.cern.ch), [DESY](http://www.desy.de)

Dlaczego potrzebujemy urządzenia o coraz wyższych energiach?

- Aby lepiej zrozumieć świat (fizykę)
- Aby poprzez fizykę stymulować rozwój innych dziedzin nauki

BASIC RESEARCH
fundamental forces

Isotope dating
Nuclear reactions
Fusion studies
Backscattering

MATERIAL
ANALYSIS

Ceramics
Glasses
Metals

Semiconductors

ION
IMPLANTATION

Polymer modification by e^- beams

ELECTROSTATIC
ELECTRON ACCELERATORS

Heavy particle therapy

SYNCHROTRON
MEDICAL APPLICATION

Micromechanics

Microstructures
lithography

SYNCHROTRON
RADIATION

Radioisotope production

CYCLOTRON
MEDICAL APPLICATION

Radiation Therapy

BETATRON

1940

1930

1970

1965

Fizyka jądrowa,
fuzje,
datowanie

Terapia ciężkimi
jonami

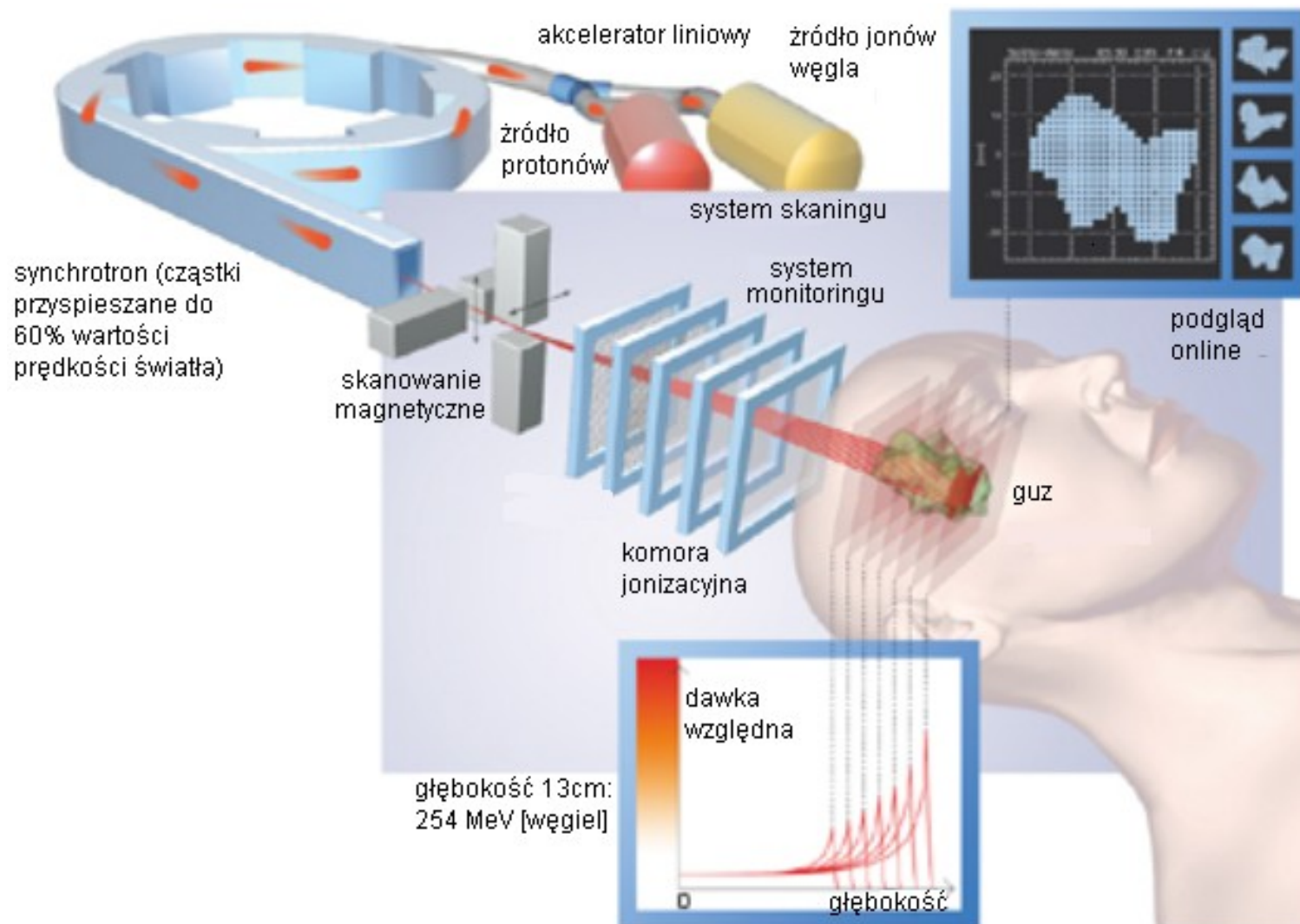
litografia

Nadprzewodniki

Produkcja
radioizotopów

Modyfikacja
polimerów

TERAPIA HADRONOWA Nowotworów



Wykład I-II: wprowadzenie

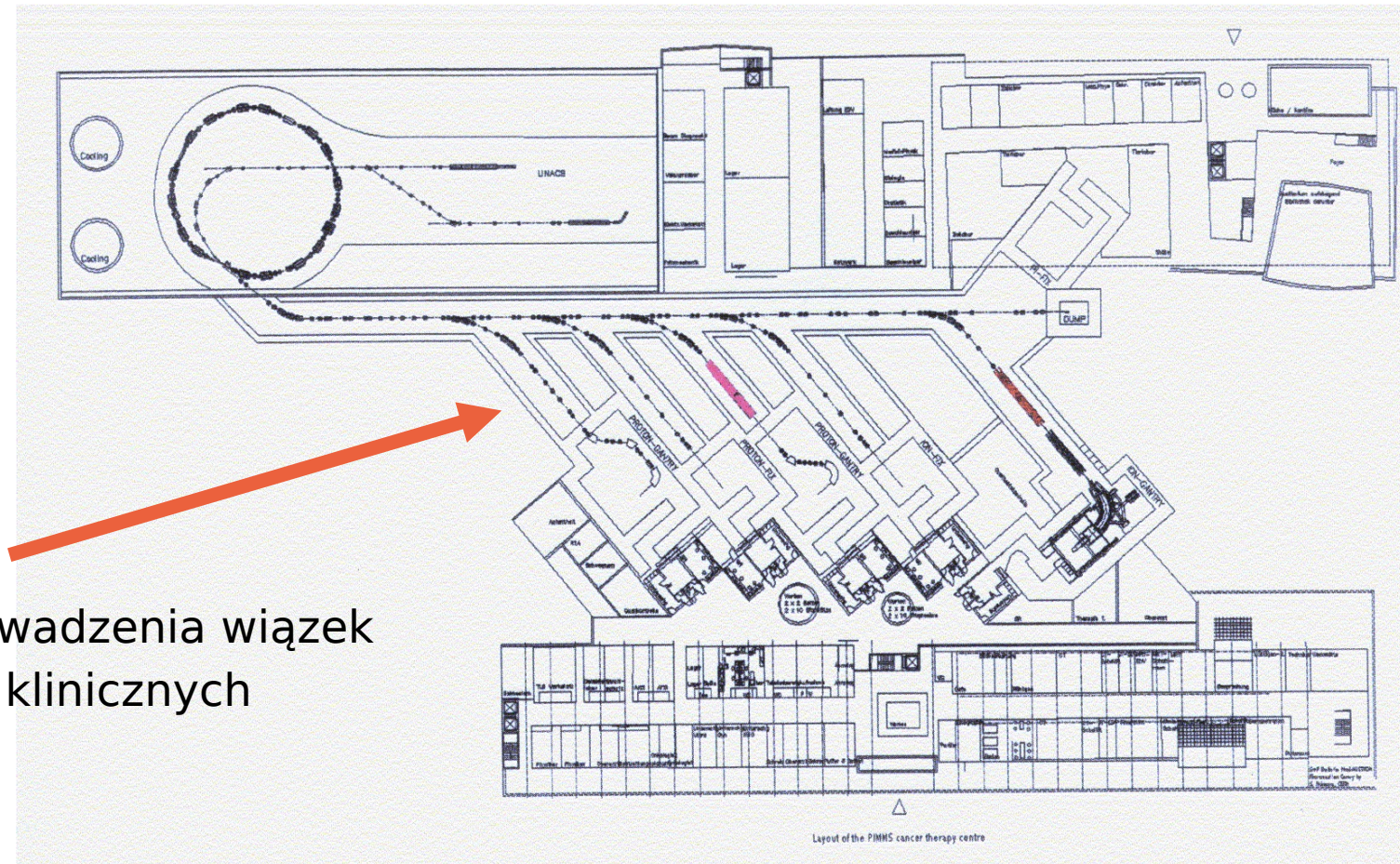
Terapia oka przy pomocy wiązki protonów



Szczegóły: prof. W. Zipper (wykłady), studia Fizyka Medyczna IF

Wykład I-II: wprowadzenie

Europejskie Centrum Terapii Nowotworów - Austria



Odrowadzenia wiązek do sal klinicznych

Synchrotron, protony i ciężkie jony

Wykład I-II: wprowadzenie

Polskie Konsorcjum Radioterapii Hadronowej (12.09.2006)

Członkowie:

IFJ PAN Kraków (koordynator NCRH Marek Jeżabek)

Akademia Medyczna w Warszawie

Centrum Onkologii – Oddział w Warszawie

Centrum Onkologii – Oddział w Krakowie

Świętokrzyskie Centrum Onkologii

Instytut Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana

Uniwersytet Warszawski

Uniwersytet Śląski

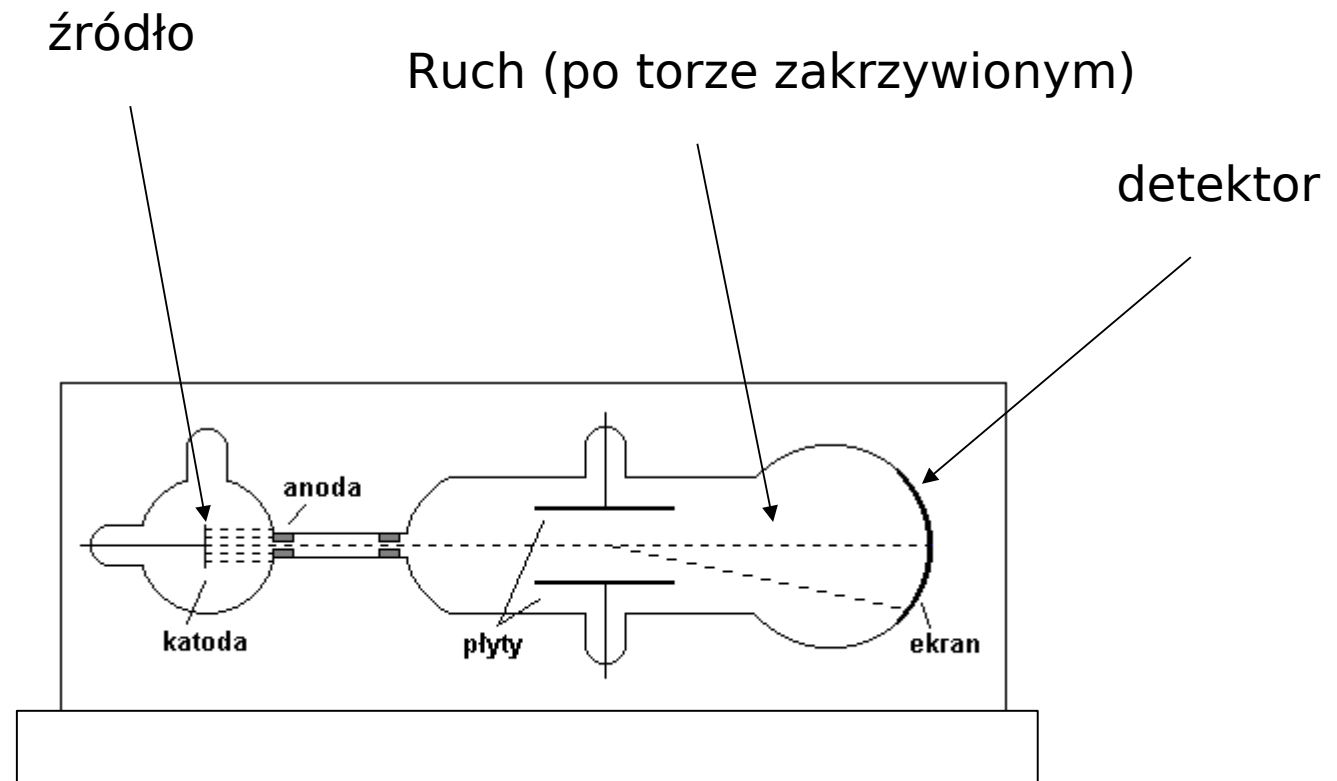
Wykład I-II: wprowadzenie

- technologii jak nadprzewodnictwo, kriogenika, technika próżni i geodezja
- Coś dla geofizyków: akceleratory muszą być bardzo dokładne. Zakrzywianie toru cząstek jest na granicy możliwości technicznych, nawet mały błąd w budowie tunelu dla akceleratora może spowodować, że nie będzie on działał. Geodeci z CERN-u zaprojektowali przyrządy geodezyjne i wymyślili techniki pomiarowe do drażenia podziemnych tuneli z dużą precyzją. Niektóre z nich wykorzystano przy budowie Eurotunelu. Techniki mikrofalowe, rozwinięte dla potrzeb akceleratorów w CERN-ie, wykorzystują szwajcarscy i francuscy geologowie do wykrywania podziemnych jaskiń wypełnionych wodą (radar geologiczny). Projekty te mają być w przyszłości wykorzystane do budowy tuneli alpejskich w Szwajcarii, których koszt przewiduje się na 10 miliardów franków szwajcarskich

- Lata 30-te XX wieku: operowano energiami w skali MeV
- Obecnie skala TeV
- Intensywność wiązki: 10^9 cząstek na puls (lata 50-te), obecnie 10^{14}

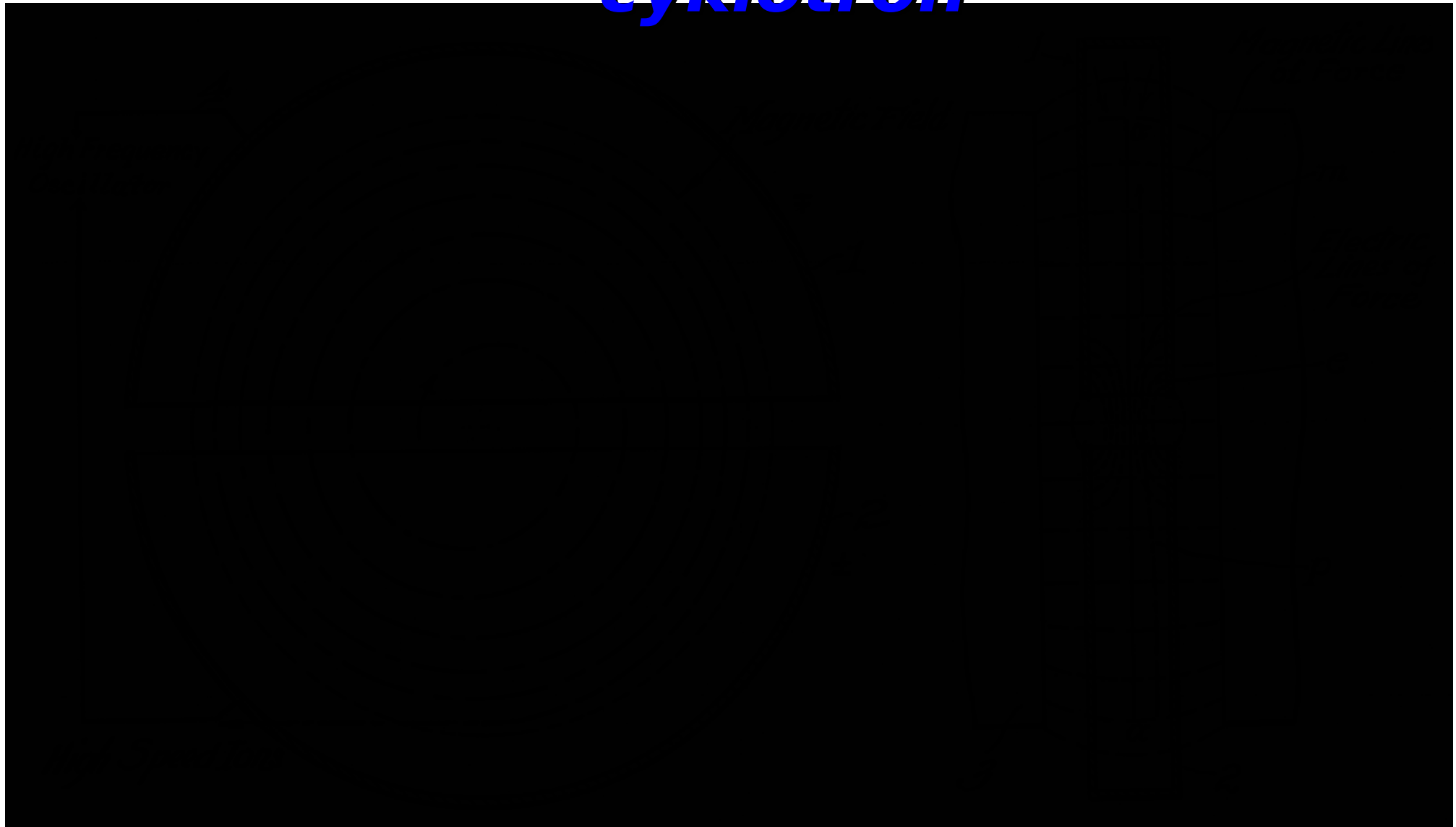
“The first accelerator dates back to prehistoric-historic times, when men built bows and arrows for hunting.”, S.Y. Lee, “Accelerator Physics”, World Scientific

Joseph Thomson, **odkrył elektron**
(1897), Nobel 1906



Wykład I-II: wprowadzenie

Lata trzydzieste, cyklotron



Zdjęcie z patentu Lawrence'a

Wykład I-II: wprowadzenie



Zdjęcie z muzeum w Berkeley, USA



Wykład I-II: wprowadzenie

- **Naturalne akceleratory:** 1911, Rutherford, 1919 użył cząstek alfa do pierwszej sztucznej reakcji jądrowej: $\alpha + {}_{14}^{14}\text{N} \rightarrow {}_{17}^{17}\text{O} + \text{H}$, to zapoczątkowało szukanie większych energii do transmutacji jąder
- **Elektrostatyczne** (lata 30-te): Coolidge, 900 keV elektrony (z promieni X), Cockroft, Walton, Van de Graaff
- **Indukowane** (pole magnetyczne), liniowe, betatron
- **RF (radio-frequency):** moduły jeden za drugim

- Liniowe
- Kołowe
- Cyklotron, synchrociklotron, synchrotron

Im głębiej chcemy wejść w materię, tym **większe** potrzebujemy energie

Hipoteza

de Broglie'a: $p = h/\lambda$

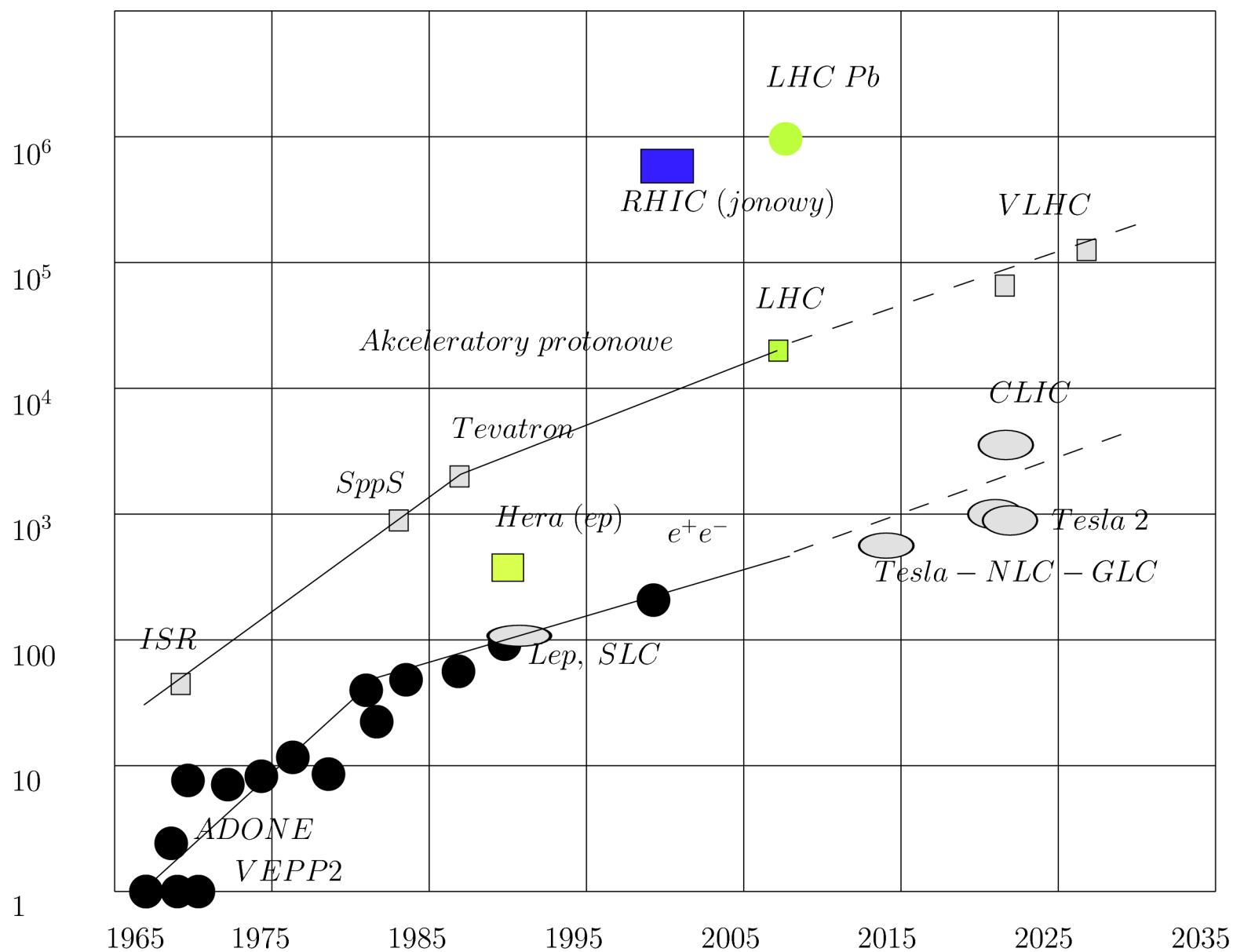
$p(\text{ęd})$: materia

dualizm

λ : fala

Im większa energia, tym długość fali mniejsza, fala „widzi” szczegóły badanego obiektu, do dużych obiektów stosujemy zwykłe mikroskopy do coraz mniejszych obiektów zwykłe światło zmieniamy w cząstki elementarne





Introduction to collider physics, hep-ph:1002.0274

Table 1. Recent and future energy-frontier particle colliders. (Parameters listed for the LHC and the ILC are design values.)

Name	Type	$\sqrt{s}$ (GeV)	L_{int} (pb $^{-1}$)	Years of operation	Detectors	Location
LEP	e^+e^-	91.2 (LEP-1) 130-209 (LEP-2)	≈ 200 (LEP-1) ≈ 600 (LEP-2)	1989-95 (LEP-1) 1996-2000 (LEP-2)	ALEPH, OPAL, DELPHI, L3	CERN
SLC	e^+e^-	91.2	20	1992-98	SLD	SLAC
HERA	$e^\pm p$	320	500	1992-2007	ZEUS, H1	DESY
Tevatron	$p\bar{p}$	1800 (Run-I) 1960 (Run-II)	160 (Run-I) 6 K (Run-II, 06/09)	1987-96 (Run-I) 2000-??? (Run-II)	CDF, DØ	FNAL
LHC	pp	14000	10 K/yr ("low-L") 100 K/yr ("high-L")	2010? - 2013? 2013?? - 2016???	ATLAS, CMS	CERN
ILC	e^+e^-	500-1000	1 M???	???	???	???



lanl.arXiv.org

Search for

[\(Help | Advanced search\)](#) All papers 

Go!

Open access to 403,657 e-prints in Physics, Mathematics, Computer Science and Quantitative Biology

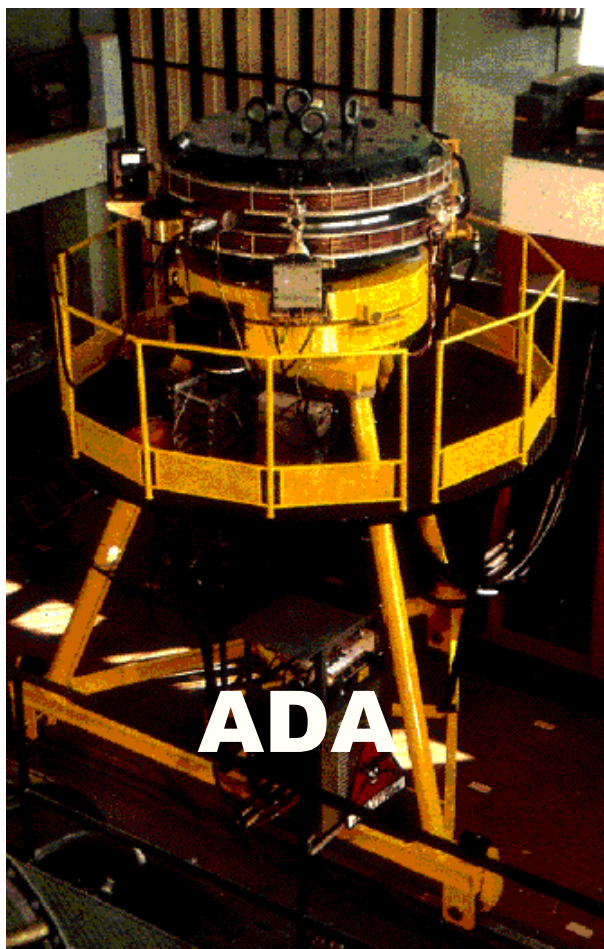
Subject search and browse:  21 Dec 2006: [arXiv identifier change postponed to early 2007](#).6 Dec 2006: [2006 revised holiday schedule announced](#).See cumulative ["What's New"](#) pages.**Robots Beware:** [indiscriminate automated downloads from this site are not permitted](#)

Physics

- ◆ [Astrophysics](#) ([astro-ph new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
- ◆ [Condensed Matter](#) ([cond-mat new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
includes: [Disordered Systems and Neural Networks](#); [Materials Science](#); [Mesoscopic Systems and Quantum Hall Effect](#); [Other](#); [Soft Condensed Matter](#); [Statistical Mechanics](#); [Strongly Correlated Electrons](#); [Superconductivity](#)
- ◆ [General Relativity and Quantum Cosmology](#) ([gr-qc new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
- ◆ [High Energy Physics - Experiment](#) ([hep-ex new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
- ◆ [High Energy Physics - Lattice](#) ([hep-lat new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
- ◆ [High Energy Physics - Phenomenology](#) ([hep-ph new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
- ◆ [High Energy Physics - Theory](#) ([hep-th new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
- ◆ [Mathematical Physics](#) ([math-ph new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
- ◆ [Nuclear Experiment](#) ([nucl-ex new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
- ◆ [Nuclear Theory](#) ([nucl-th new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
- ◆ [Physics](#) ([physics new](#), [recent](#), [abs](#), [find](#))
includes (see [detailed description](#)): [Accelerator Physics](#); [Atmospheric and Oceanic Physics](#); [Atomic Physics](#); [Atomic and Molecular Clusters](#); [Biological Physics](#); [Chemical Physics](#); [Classical Physics](#); [Computational Physics](#); [Data Analysis, Statistics and Probability](#); [Fluid Dynamics](#); [General Physics](#); [Geophysics](#); [History of Physics](#); [Instrumentation and Detectors](#); [Medical Physics](#); [Optics](#); [Physics Education](#); [Physics and Society](#); [Plasma Physics](#); [Popular Physics](#); [Space Physics](#)

fenomenologia

Pierwszy zderzacz e-e⁺



ADA



**Bruno Touschek zbudował pierwszy
zderzacz elektronowo-pozytronowy
we Frascati, Włochy (1960)**

doszedł do 3 GeV

Co to znaczy 3 GeV?

- [illegible]

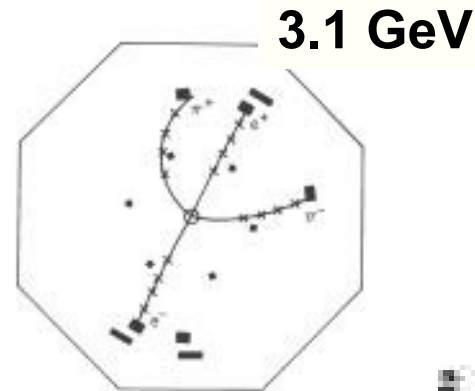
3 GeV?

- $3 \text{ GeV} = 3000 \text{ MeV} \gg 0.5 \text{ MeV}$
- Cząstki relatywistyczne
- $V(1.5 \text{ GeV}) = 0.9999999944 \text{ c}$
- $V(100 \text{ GeV}) = 0.99999999999999875 \text{ c}$ (LEP)
- $V(500 \text{ GeV}) = 0.99999999999999995 \text{ c}$ (ILC)
- Przy okazji, protony w LHC:
- $V(7 \text{ TeV}) = 0.9999999990199999995198 \text{ c}$

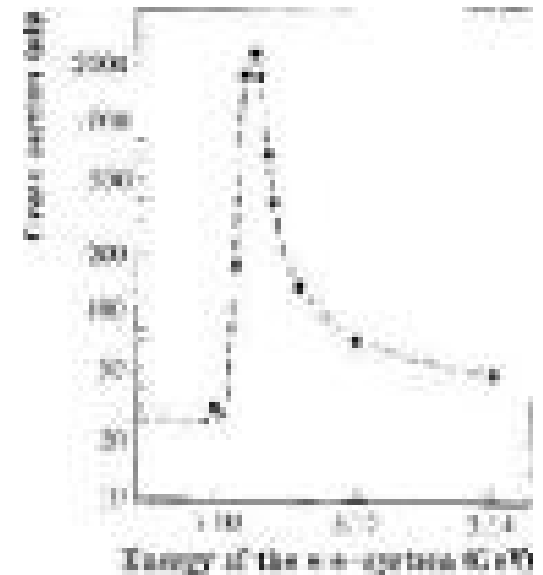
Szcześnie to ważna rzecz...



SPEAR at SLAC



**Discovery
Of
Charm
Particles**





LHC MACHINE OUTREACH



LHC - the aim of the exercise:

To smash protons moving at 99.999999% of the speed of light into each other and so recreate conditions a fraction of a second after the big bang. The LHC experiments try and work out what happened.

[Home](#)[Introduction](#)[Pictures](#)[Favourites](#)[Photo Gallery](#)[LHC-Blogs](#)[MultiMedia](#)

Why? How? What?

[3D interactive view of tunnel
\[and how it was in 2005\]](#)

[Beyond Einstein - video](#)
[Some other video links](#)

[Animation](#)

[Geographical Situation](#)

[History](#)

[LHC milestones \(past\)](#)

[Vital Statistics](#)

[Who does what](#)

[Who makes what](#)

The Large Hadron Collider (LHC) is built in a circular tunnel 27 km in circumference. The tunnel is buried around 50 to 175 m. underground. It straddles the Swiss and French borders on the outskirts of Geneva.

The first beams were circulated successfully on 10th September 2008.

Unfortunately on 19th September a serious fault developed damaging a number of superconducting magnets. The repair required a long technical intervention. The LHC beam did not see beam again before November 2009.

First collisions took place on 30th March 2010 with the rest of the year mainly devoted to commissioning. 2011 was the first production year with over 5 inverse femtobarns delivered to both ATLAS and CMS. 2012 started well with over 6 inverse femtobarns delivered by the time of the summer conferences - these data paved the way for the announcement of a/the Higgs on 4th July 2012.

The LHC is designed to collide two counter rotating beams of protons or heavy ions. [Proton-proton collisions](#) are foreseen at an energy of 7 [TeV](#) per [beam](#).

- The [beams](#) move around the LHC ring inside a continuous [vacuum](#) guided by [magnets](#).

The Higgs boson at the front page of the main european and non-european newspapers

By lhcphenonet, July 4, 2012 10:20 am

Comments Off

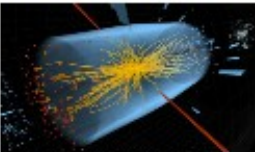
EL PAÍS

INTERNACIONAL POLÍTICA ECONOMÍA CULTURA DEPORTES

El descubrimiento del CERN a finales del 2012 confirma la existencia del bosón de Higgs, según se anunció en un comunicado de prensa que, en palabras de los científicos, es el primer paso en la búsqueda de la física de la naturaleza.

Hallada "la más sólida evidencia" de la existencia del bosón de Higgs

El descubrimiento del CERN a finales del 2012 confirma la existencia del bosón de Higgs, según se anunció en un comunicado de prensa que, en palabras de los científicos, es el primer paso en la búsqueda de la física de la naturaleza.

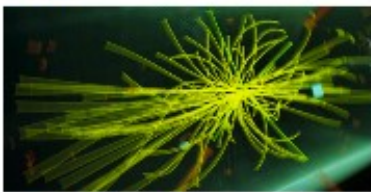


El descubrimiento del CERN a finales del 2012 confirma la existencia del bosón de Higgs, según se anunció en un comunicado de prensa que, en palabras de los científicos, es el primer paso en la búsqueda de la física de la naturaleza.

Le Monde.fr

EN CIUDADES EUROPEAS desde 15€ (por noche por persona)
EN CIUDADES ESPAÑOLAS desde 17€

Le boson de Higgs découvert avec 99,9999 % de certitude



Le boson de Higgs découvert avec 99,9999 % de certitude

Le boson de Higgs découvert avec 99,9999 % de certitude

The New York Times

TRY A TIMES DIGITAL SUBSCRIPTION. 4 WEEKS FOR \$99.

Rapid B.I.V. Home Test Wins Federal Approval



Rapid B.I.V. Home Test Wins Federal Approval

INTRODUCING NEW YORK TIMES CORPORATE DIGITAL SUBSCRIPTIONS.

theguardian

Diamond set to come out fighting as he faces XPs



Diamond set to come out fighting as he faces XPs

Higgs boson discovered? The message

Tribune de Genève

Une nouvelle particule a été découverte



Une nouvelle particule a été découverte

NÉPSZABADSÁG ONLINE

Úgy tűnik, megvan az 'isteni' részecske



Úgy tűnik, megvan az 'isteni' részecske

Dícső szállítás - Agoda

Agoda.hu

[illegible]

Highlights

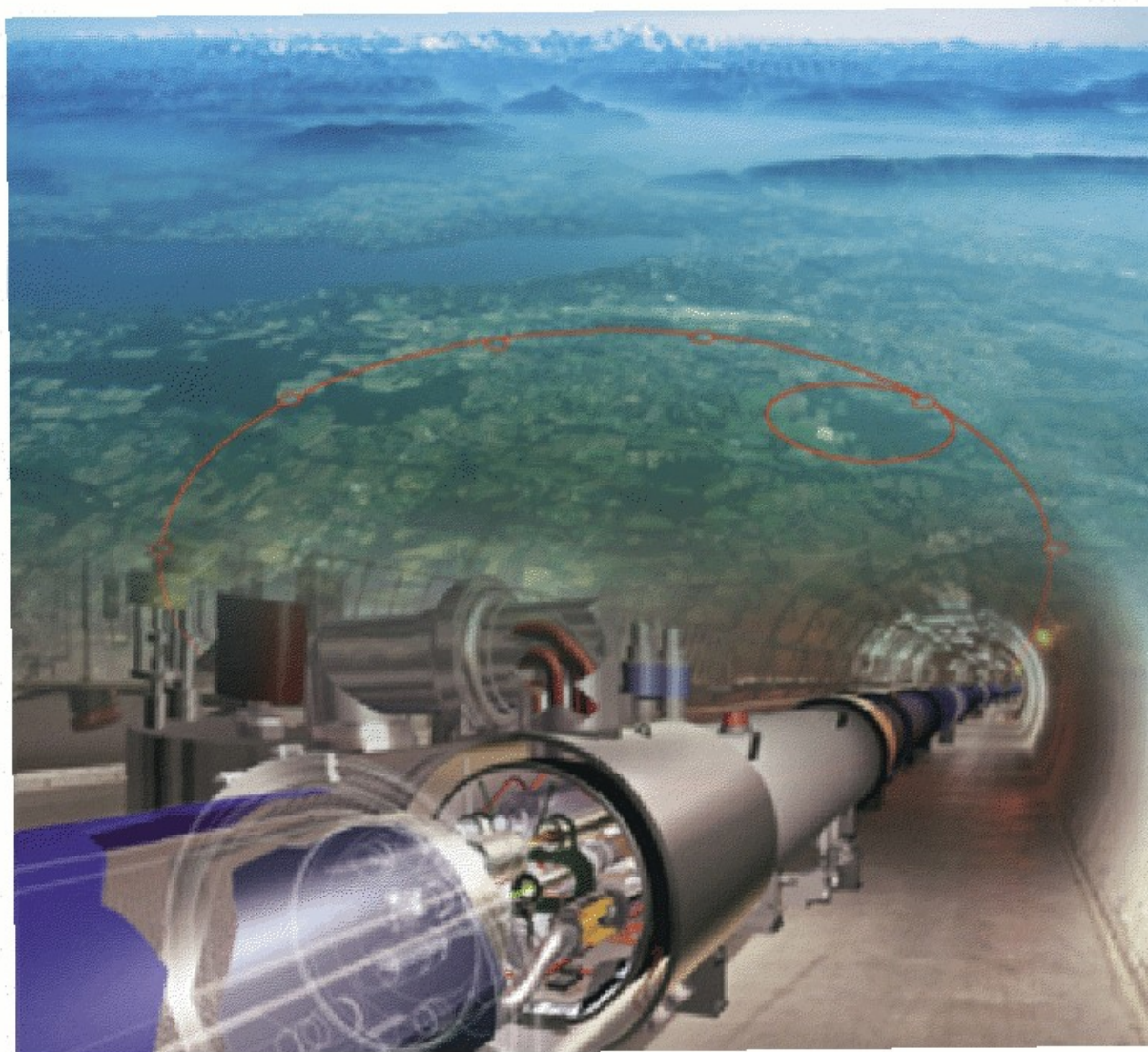
Co bez mechanizmu spontanicznego łamania symetrii

- Elektron bez masy – poruszałby się z $v=c$, nie tworzyłby stanu związanego atomu
- Neutron byłby lżejszy od protonu, który szybko by się rozpadał w czasie picosekund
- Bez atomów, nie byłoby wiązań chemicznych...
-
- Pole Higgsa wypełnia całą przestrzeń (analogia z wodą i poruszających się w niej obiektów)
-
- https://thumbs.gfycat.com/LiveThoseApe-size_restricted.gif

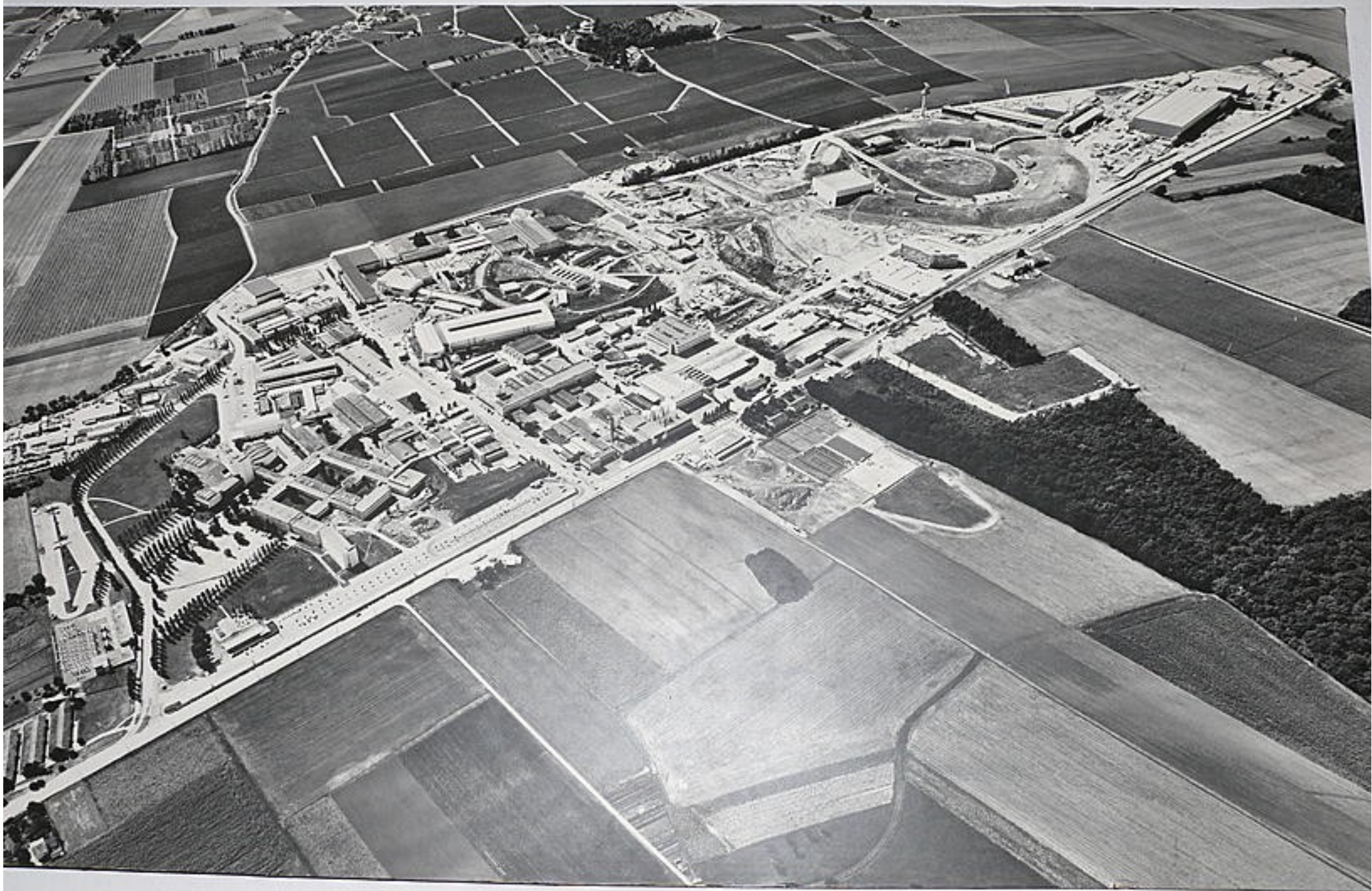
- Z mojej notki na stronie [www IF](http://www.IF)
- Jeśli poszukamy komentarzy w sieci na temat rozruchu akceleratora LHC, ukaże się cała gama mądrości ludowych, które można streścić krótkim pytaniem: **A po co nam urządzenie do badania Wszechświata, gdy mamy wiele ważniejszych problemów na świecie?**

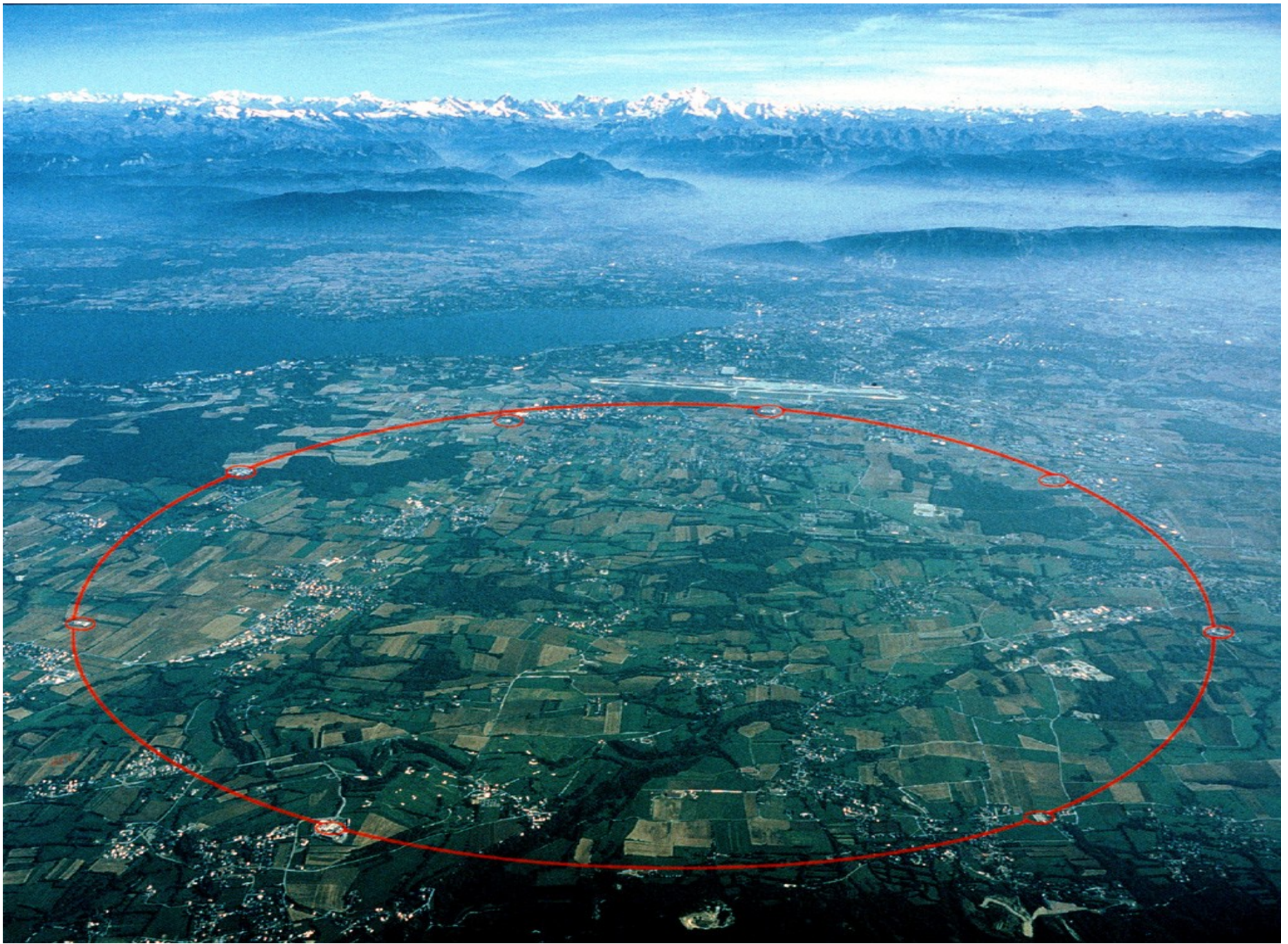
No cóż, akceleratorzy zawsze uważane były za rzecz niepraktyczną, dlatego wymieńmy chociaż parę ich zastosowań na chwilę obecną (czy w przeszłości ktokolwiek pomyślałby o takich zastosowaniach?):

- **rozwińmy ten wątek**



Wykład I-II: wprowadzenie





Wykład I-II: wprowadzenie

CERN jest popularny, ale także ezoteryczny

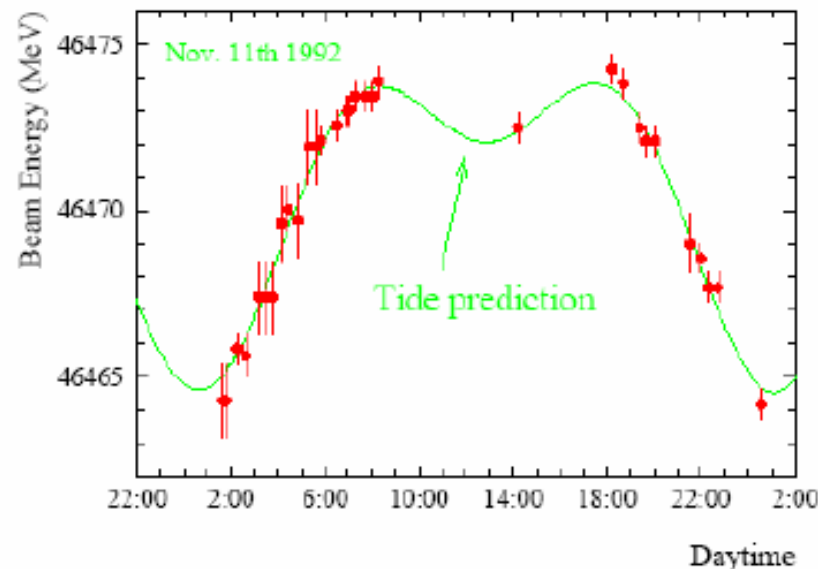
- Dan Brown *“Angels and Demons”*
- *Czy istnieje antymateria? tak*
- *Czy można będzie wykorzystać antymaterię jako źródło energii?*
- *Czy jeden gram antymaterii jest równoważny energii 20kt bomby jądrowej? (ćwiczenia)*



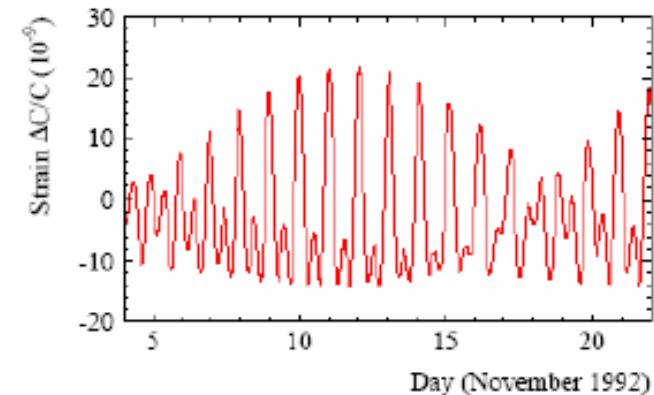
Earth tides :

- The Moon contributes 2/3, the Sun 1/3.
- NO 12 hour symmetry (direction of Earth rotation axis).
- Not resonance-driven (unlike Sea tides !).
- Accurate predictions.

Fall of 1992 : The historic tide experiment !



The total strain is 4×10^{-9} ($\Delta C = 1 \text{ mm}$)



La Lune trouble le CERN

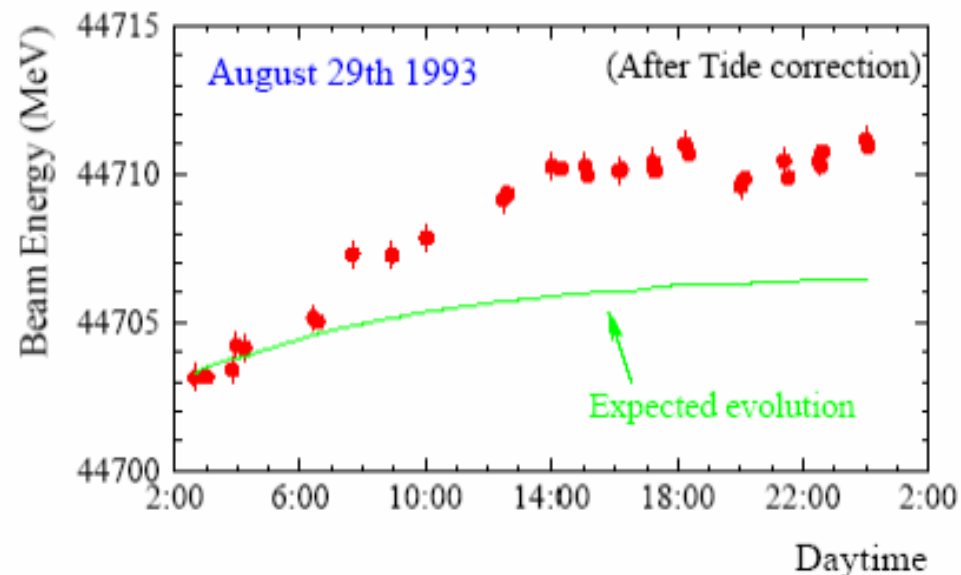
L'énergie des particules circulant dans l'anneau du LEP se modifie en fonction des phase lunaires.

The Crack in the Model

Spring of 1994 : the beam energy model seemed to explain all observed sources of energy fluctuations...

EXCEPT :

An unexplained energy increase of 5 MeV was observed in **ONE** experiment.

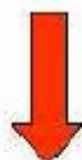


It will remain unexplained for two years...

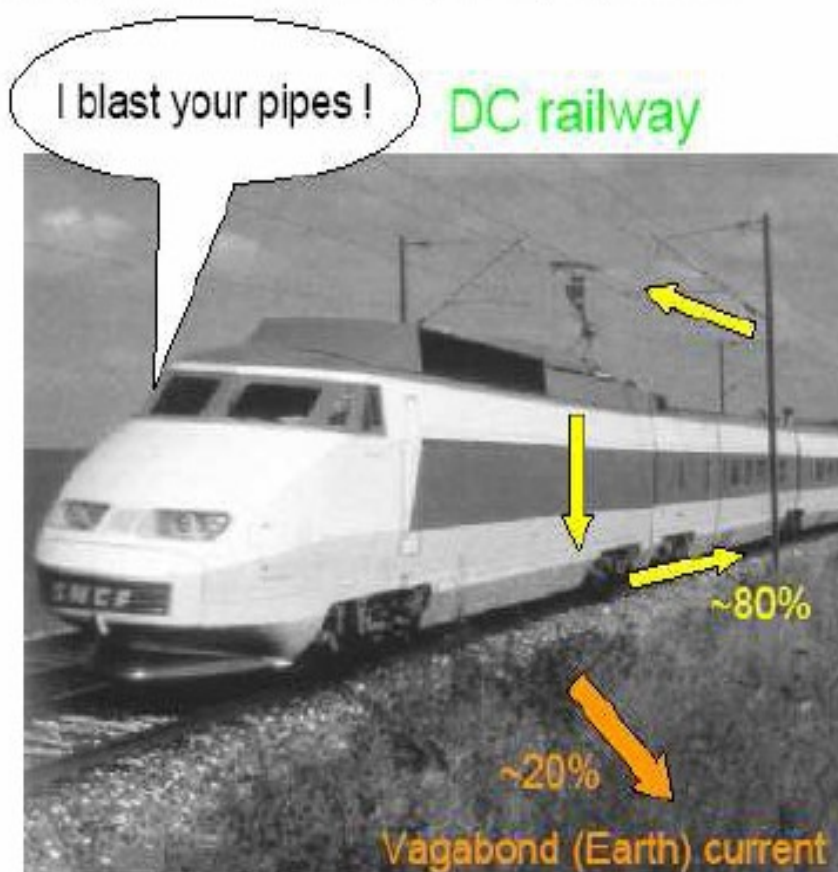
Pipebusters

The explanation was given by the Swiss electricity company EOS...

**Vagabond currents
from
trains and subways**



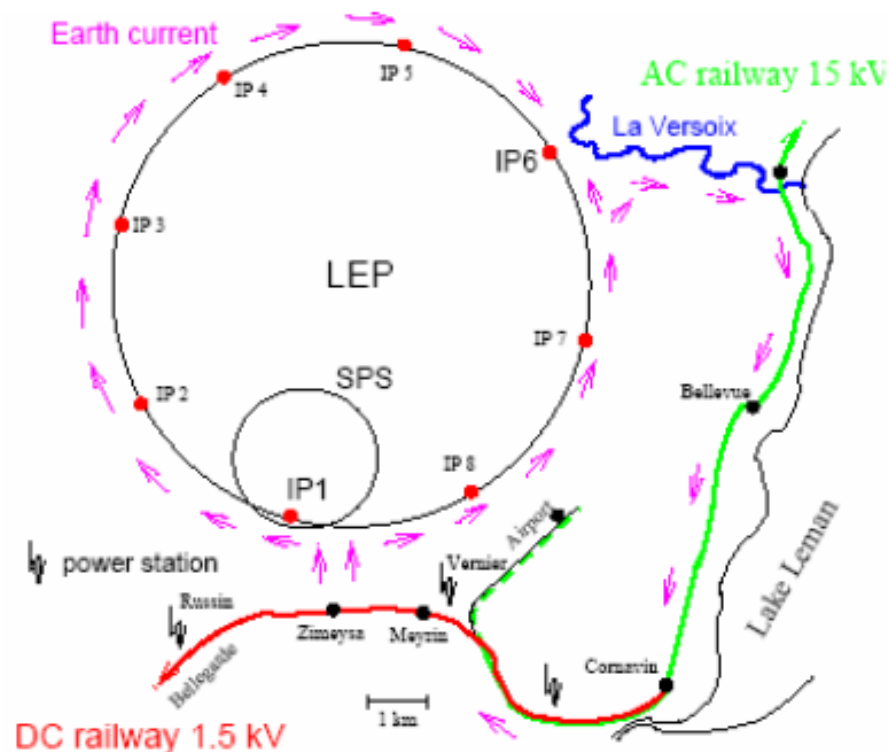
Source of electrical noise
and corrosion
(first discussed in ...1898 !)



LEP Energy Saga (from J. Wenniger at LEP Fest 2000)



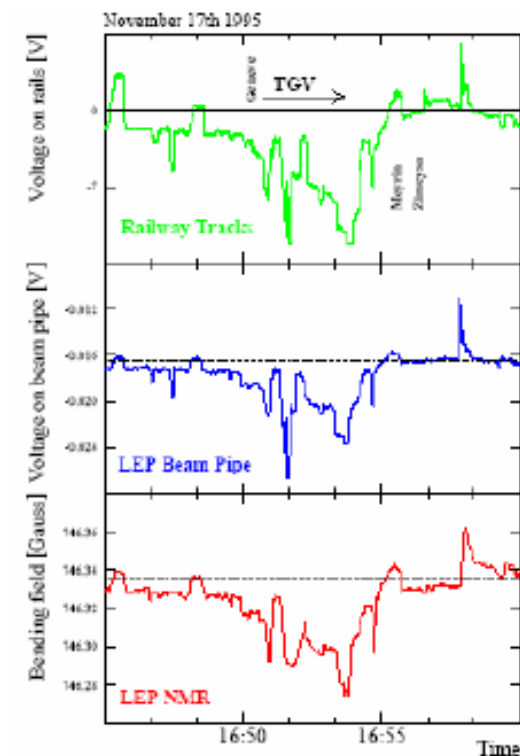
A DC current of 1 A is flowing on the LEP vacuum chamber.



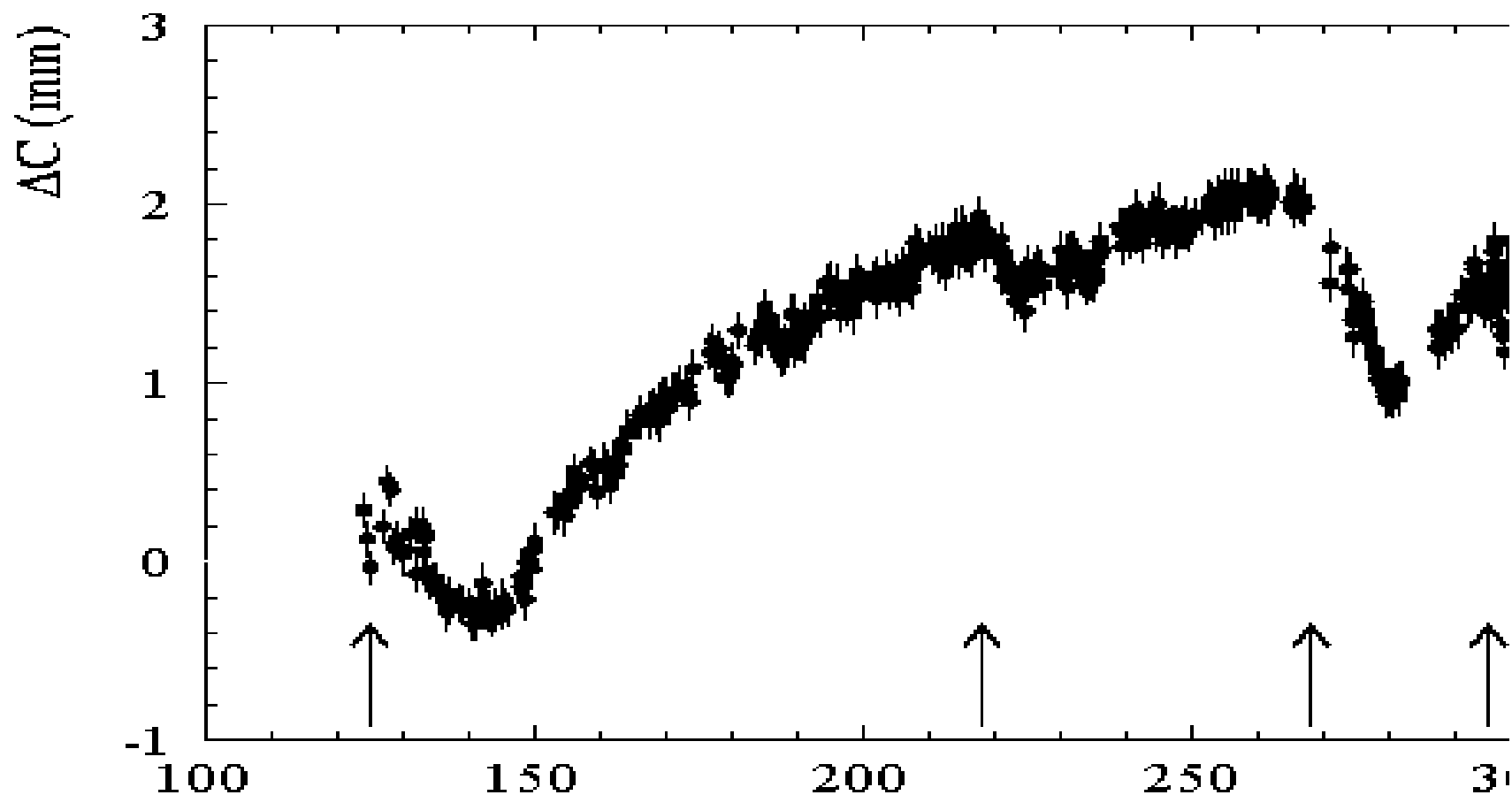
November 1995: Measurements of

- The current on the railway tracks
- The current on the vacuum chamber
- The dipole field in a magnet

correlate perfectly!

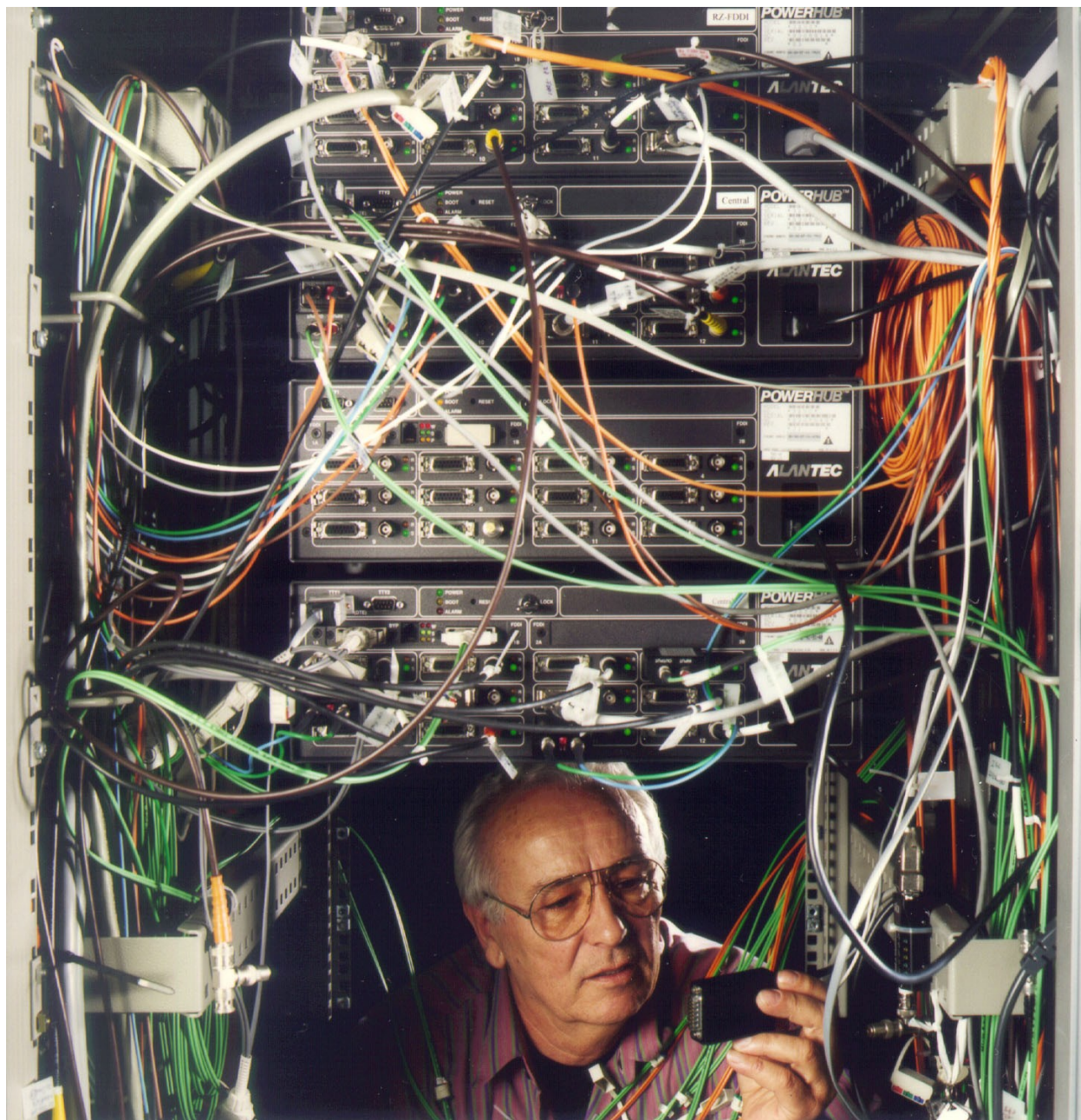


LEP, 2: opady deszczu



LHC

- “This morning I visited the place where the street-cleaners dump the rubbish. My God, it was beautiful” - Van Gogh



Wykład I-II: wprowadzenie

20 krajów europejskich należy do CERN



Kraje członkowskie (data przystąpienia)



AUSTRIA (1959)



DENMARK (1953)



GREECE (1953)



NORWAY (1953)



SPAIN (1/1961-12/1968-1/1983)



BELGIUM (1953)



FINLAND (1991)



HUNGARY (1992)



POLAND (1991)



SWEDEN (1953)



BULGARIA (1999)



FRANCE (1953)



ITALY (1953)



PORTUGAL (1986)



SWITZERLAND (1953)



CZECH FR (1993)



GERMANY (1953)



NETHERLANDS (1953)



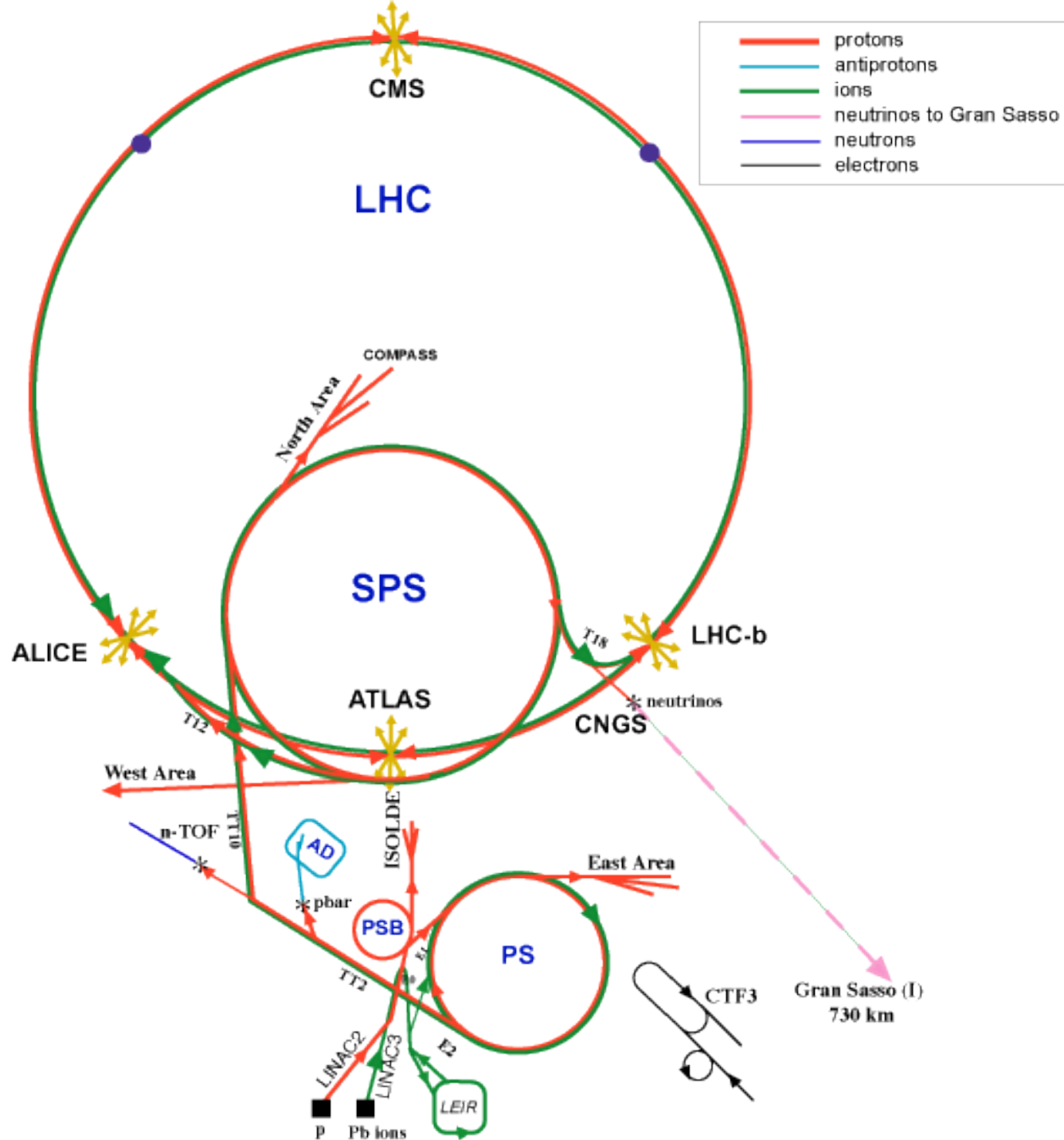
SLOVAK FR (1993)



UNITED KINGDOM (1953)



Wykład I-II: wprowadzenie



Wykład I-II: wprowadzenie

Protony osiągną **99.9999991% prędkości światła, w ciągu sekundy tunel o długości 27 km obiegają 11245razy. Na księżycu ciśnienie atmosferyczne jest 10 razy większe (wewnątrz rur akceleryacyjnych ciśnienie wynosi 10^{-13} atm, objętość 6500 m³).**



nadprzewodnictwo

LHC pracuje w temperaturze -271.4°C (1.9 K).

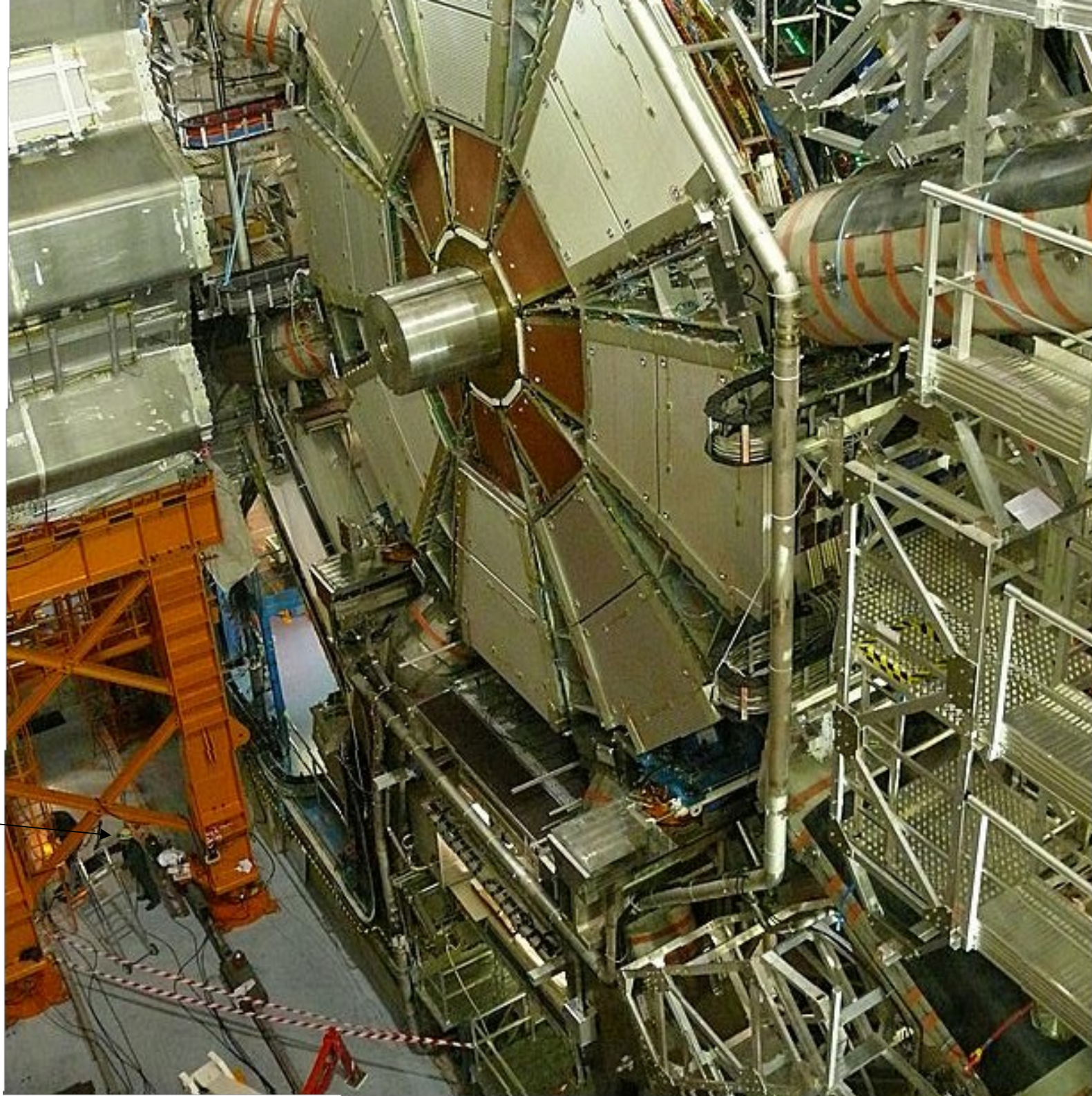
Zimniej niż w przestrzeni międzygwiazdnej (2.7 K).

36,800 ton gazu schłodzone do tej temperatury (10080 ton ciekłego azotu + 96 ton ciekłego helu)

Nadprzewodzące magnesy produkują pole magnetyczne 8.4 Tesli - prąd nadprzewodzący 11700 Ampera!

- W LHC ilość przetwarzanej informacji równoważna całej europejskiej sieci telekomunikacyjnej (CMS: 500 Gbit/s)
- W ILC przetwarzanie on-line (!).
- duże hale z urządzeniami chłodzącymi do 4.5 K, plus system końcowy: 1.8 K, każda część musi obsłużyć około 3.5 km tunelu,
- 4 sektory mają moc po 18 kW każda, chłodzenie przez rozprężenie azotu (turbiny 120 000 rpm): Linde (Szwajcaria), Air Liquid (Francja)
- całkowita moc do chłodzenia: 32 MW

człowiek





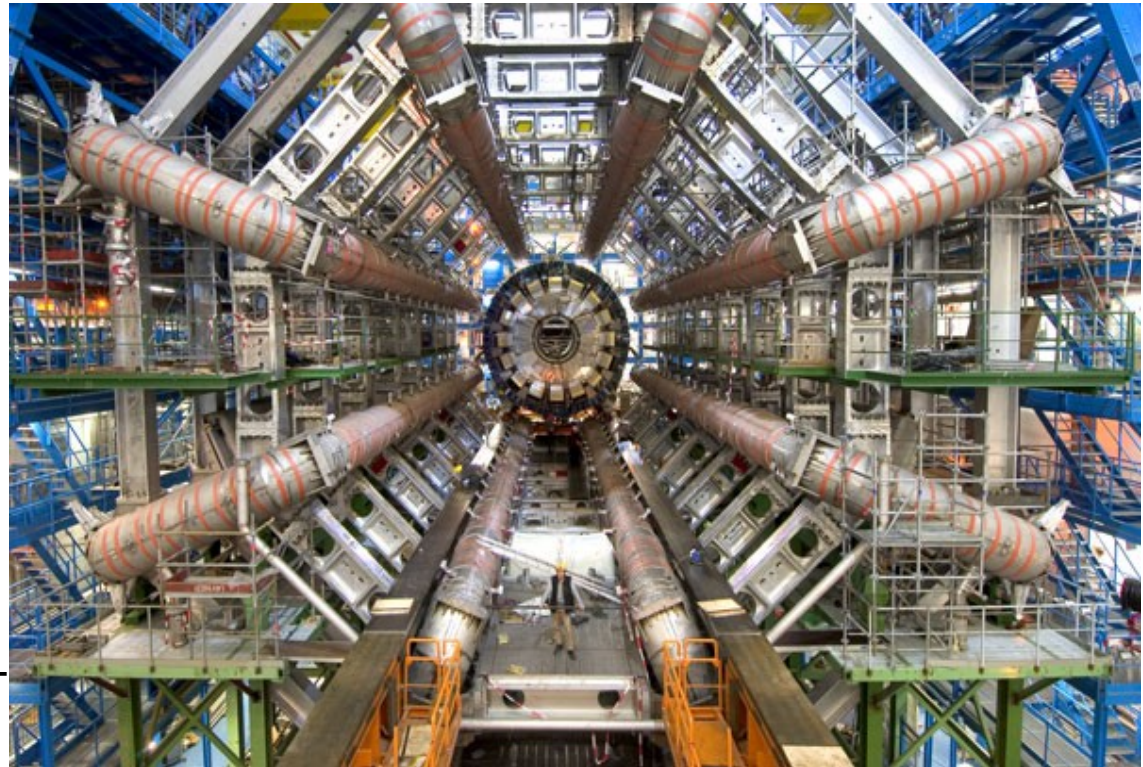
Jedynie proste odcinki przed wejściem do ATLASA
FERMILAB

Dwie wiązki protonów (cieńsze od włosa) są przyspieszane do energii 14 TeV, co odpowiada temperaturze ponad 10 miliardów razy większej niż panuje wewnątrz słońca (przeliczyć na c.w.)

W każdej wiązce protonów - jest **2808 pęków.**

W każdym pęku jest **$1.15 \cdot 10^{11}$ protonów.**

Pęki obiegają cały pierścień **11245 razy na sekundę, około **600milionów** zderzeń na sekundę**





Komora ciśnieniowa





www.cern.ch/openlab



ORACLE®

CONTRIBUTORS



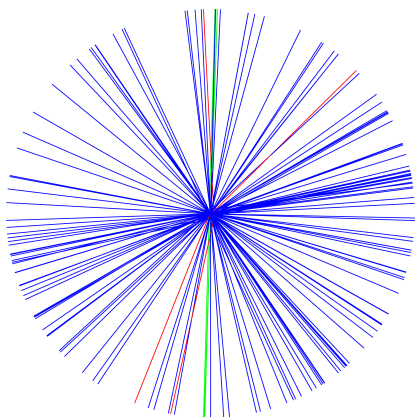
STONESOFT

Wykład I-II: wprowadzenie



Wykład I-II: wprowadzenie

**Każdy z 600
milionów wygląda
tak:**



**Dane eksperymentalne
produkowane w ciągu
roku przez każdy
eksperyment zajmą 100
000 DVD.**



**Aby przeanalizować dane
10 tysięcy komputerów w
wielu krajach świata
będzie wykorzystanych.**

System GRID

Wykład I-II: wprowadzenie



3000 takich dwuprocesorowych komputerów

Wykład I-II: wprowadzenie

***Przy zderzaczu LHC wykonywane będą
cztery duże i dwa mniejsze eksperymenty
przeznaczone do badanie różnych aspektów
Modelu Standardowego***

Duże eksperymenty

ATLAS

CMS

ALICE

LHCb

mniejsze
eksperymenty

TOTEM

LHCf

A photograph of the CMS detector at CERN. The image shows the large, cylindrical structure of the detector, composed of many modules. The modules are labeled with IDs such as 'ME&RE-1301', 'ME&RE-1302', 'ME&RE-1303', 'ME&RE-1304', 'ME&RE-1305', 'ME&RE-1306', 'ME&RE-1307', 'ME&RE-1308', 'ME&RE-1309', 'ME&RE-1310', 'ME&RE-1311', 'ME&RE-1312', 'ME&RE-1313', 'ME&RE-1314', 'ME&RE-1315', 'ME&RE-1316', 'ME&RE-1317', 'ME&RE-1318', 'ME&RE-1319', 'ME&RE-1320', 'ME&RE-1321', 'ME&RE-1322', 'ME&RE-1323', 'ME&RE-1324', 'ME&RE-1325', 'ME&RE-1326', 'ME&RE-1327', 'ME&RE-1328', 'ME&RE-1329', 'ME&RE-1330', 'ME&RE-1331', 'ME&RE-1332', 'ME&RE-1333', 'ME&RE-1334', 'ME&RE-1335', and 'ME&RE-1336'. A yellow crane is visible on the right side of the image. A person is standing on a yellow platform on the left side of the image. The text 'CMS' is written in green in the top left corner of the image.

ATLAS = **A** large **T**oroidal **LHC** **A**pparatu**S**

■ W zderzeniu **p + p** poszukiwanie: cząstek Higgsa,
cząstek supersymetrycznych, cząstek ciemnej materii,
dodatkowych wymiarów.

■ Identyfikacja cząstek, pomiar ich trajektorii (pęd) i energii.

■ Długość - 46 m, szerokość = wysokość - 25 m, waga - 7000 ton,

detektor o największej objętości do tej pory zbudowany na świecie.

■ Protony z wodoru po usunięciu elektronów do Linac2 ,
przyspieszane

do 50 MeV – do PSB, przyspieszane do 1.4 GeV – do PS,

przyspieszane do 25 GeV – przechodzą do SPS,
przyspieszane do 450

GeV (wszystko trwa to 4 min 20 sek) przechodzą do LHC
gdzie po 20



Wykład I-II: wprowadzenie

CMS = *The Compact Muon Solenoid an Experiment for the Large Hadron Collider at CERN*

■ **Przeznaczenie** takie samo jak ATLAS, przy innym systemie detekcji.

Wymiary: (długość 21 m) □ (szerokość 15 m) □
(wysokość 15 m), waga: 12500 ton



CMS Collaboration



36 Nations, 160 Institutions, 2008 Scientists and Engineers (November 2003)

TRIGGER & DATA ACQUISITION

Austria, CERN, Finland, France, Greece, Hungary, Italy, Korea, Poland, Portugal, Switzerland, UK, USA

TRACKER

Austria, Belgium, CERN, Finland, France, New Zealand, Germany, Italy, Japan*, Switzerland, UK, USA

CRYSTAL ECAL

Belarus, CERN, China, Croatia, Cyprus, France, Ireland, Italy, Japan*, Portugal, Russia, Serbia, Switzerland, UK, USA

PRESHOWER

Armenia, Belarus, CERN, Greece, India, Russia, Taipei, Uzbekistan

RETURN YOKE

Barrel: Czech Rep., Estonia, Germany, Greece, Russia
Endcap: Japan*, USA, Brazil

SUPERCONDUCTING MAGNET

All countries in CMS contribute to Magnet financing in particular:
Finland, France, Italy, Japan*, Korea, Switzerland, USA

HCAL

Barrel: Bulgaria, India, Spain*, USA
Endcap: Belarus, Bulgaria, Russia, Ukraine
HO: India

FEET

Pakistan, China

FORWARD CALORIMETER

Hungary, Iran, Russia, Turkey, USA

MUON CHAMBERS

Barrel: Austria, Bulgaria, CERN, China, Germany, Hungary, Italy, Spain
Endcap: Belarus, Bulgaria, China, Korea, Pakistan, Russia, USA

Total weight : 12500 T
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 21.5 m
Magnetic field : 4 Tesla

* Only through industrial contracts

Wykład I-II: wprowadzenie

The Compact Muon Solenoid

ATLAS

CMS

Wykład I-II: wprowadzenie

ALICE: A Large Ion Collider Experiment at CERN LHC

■ **Przeznaczenie === w zderzeniach jonów ołowiu Pb^{82+} badana będzie**

plazma kwarkowo - gluonowa, stan materii, w którym przypuszczalnie

był nasz Wszechświat w niedługim czasie po Wielkim Wybuchu.

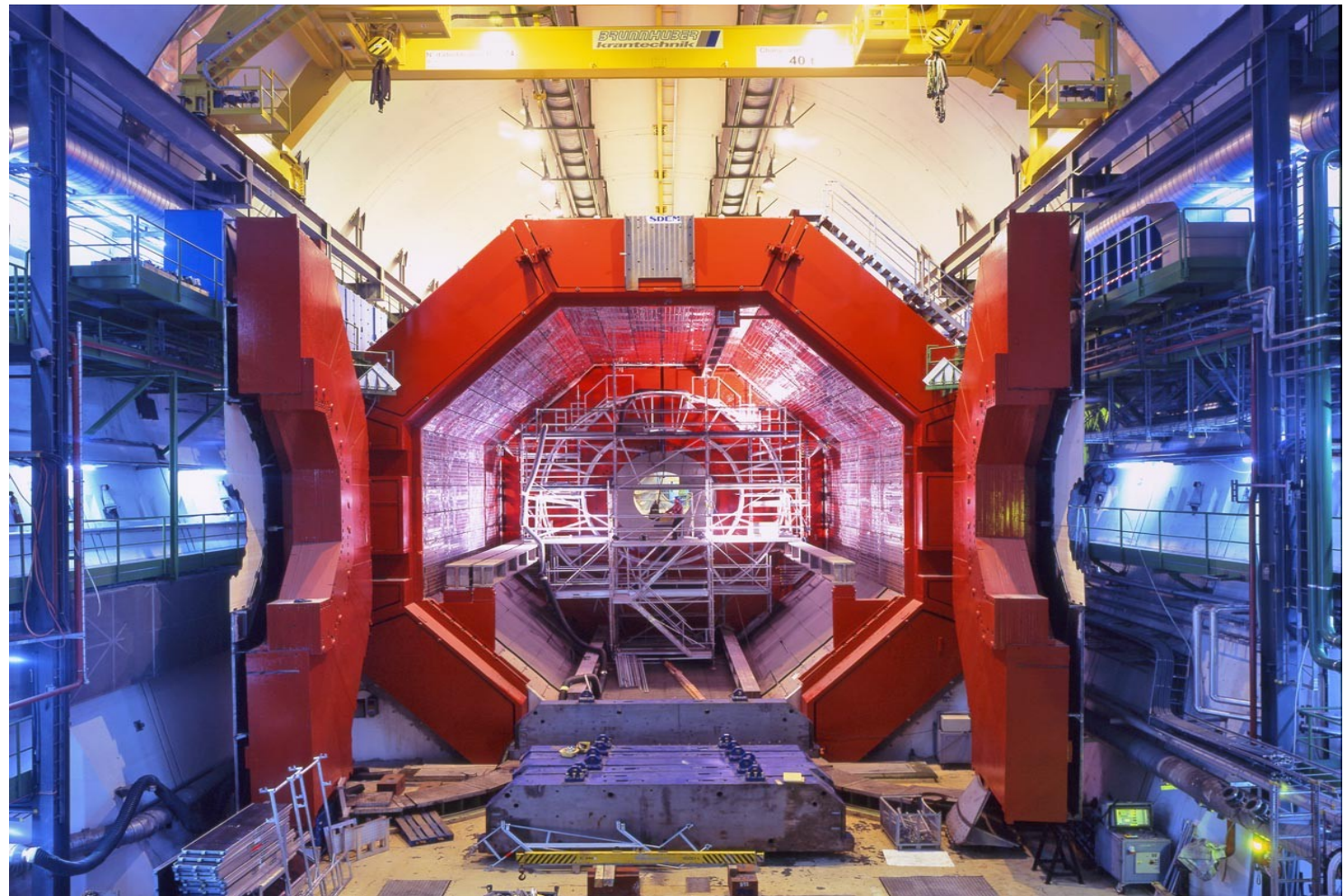
■ **Energia === (2.76 TeV/nukleon) (207 nukleonów) (2 jony)**

1150 TeV (odpowiada to temperaturze 1000 miliardów razy większej

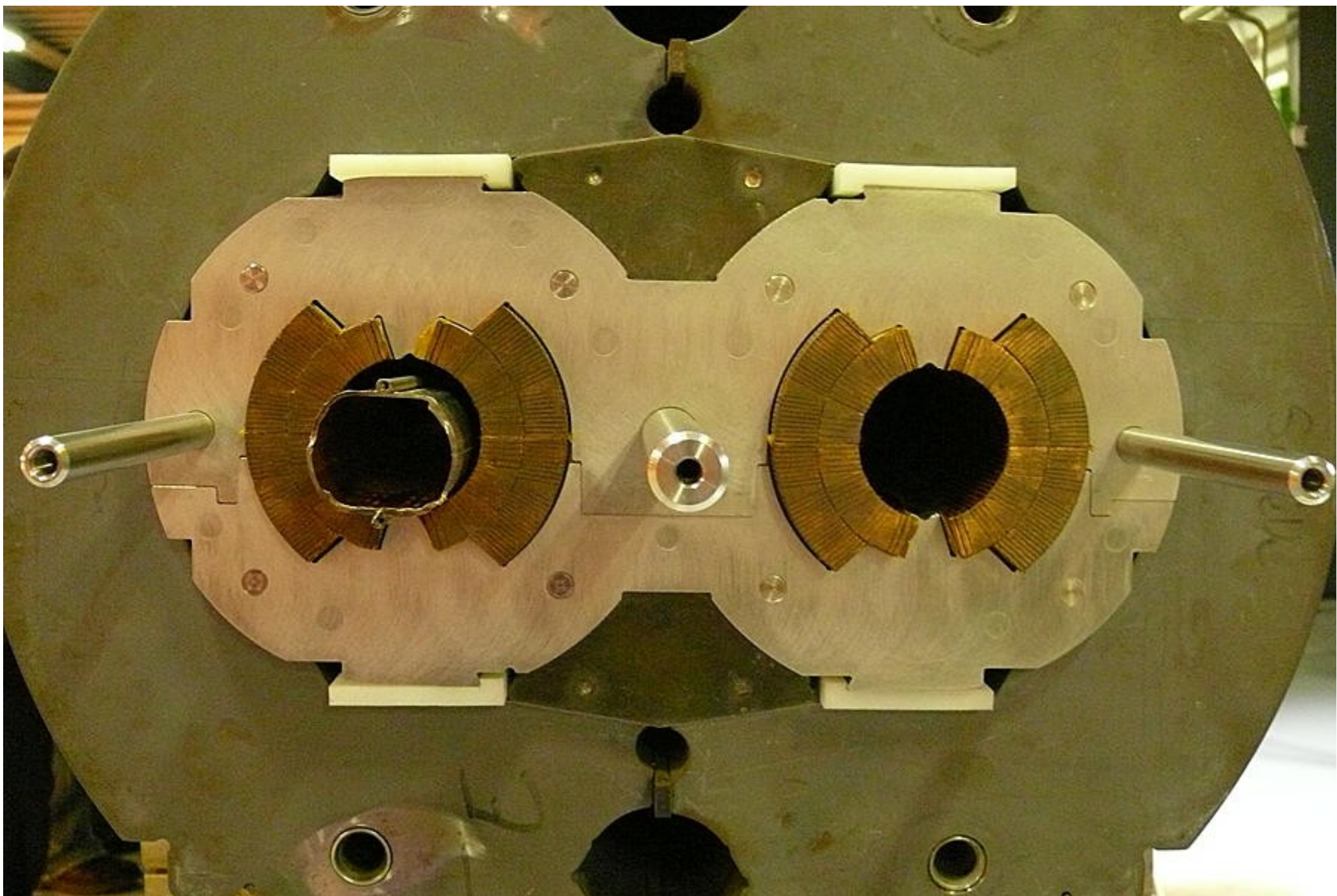
niż w rdzeniu słońca).

■ Opary ołowiu o temperaturze 550°C – Pb^{27+} – przyspieszane do energii 4.2 MeV/nukleon – przepuszczane przez folie węglową – wychodzą jony Pb^{54+} przyspieszane do energii 72 MeV/nukleon w LEIR – przechodzą do PS – tu są przyspieszane do 5.9 GeV/nukleon – następna folia węglowa, pełna jonizacja Pb^{82+} – przechodzą do SPS – przyspieszane do 177 GeV/nukleon – przechodzą do LHC gdzie są przyspieszane do końcowej energii 2.76 TeV/nukleon .

Detektor Alice



Jeszcze parę “osobistych” zdjęć



Hybrid PM-Hybrid



Hydrogen production

Te ząbki powodują kasowanie gigantycznych prądów wirowych



MAGNET

NBQ 2598

PHASE OF TEST

PT 12 Warm Up

CURRENT(A)

TEMPERATURE (K)

PRESSURE (mbar)

VACUUM (mbar)

MAGNET

12

PHASE OF TEST

CURRENT(A)

TEMPERATURE (K)

PRESSURE (mbar)

VACUUM (mbar)

15:31:43

HIGH
CURRENT

**Długość każdego modułu
nadprzewodzącego = 14.3 m , waga 35
ton**

Cena - 0.5 mln CHF x 1232 sztuki



Wnęki rezonansowe:
tylko cztery!



Chiny, eksperyment BES, ok. 1 GeV





中国科学院北京正负电子对撞机国家实验室
鄧小平題

Testy wiązek

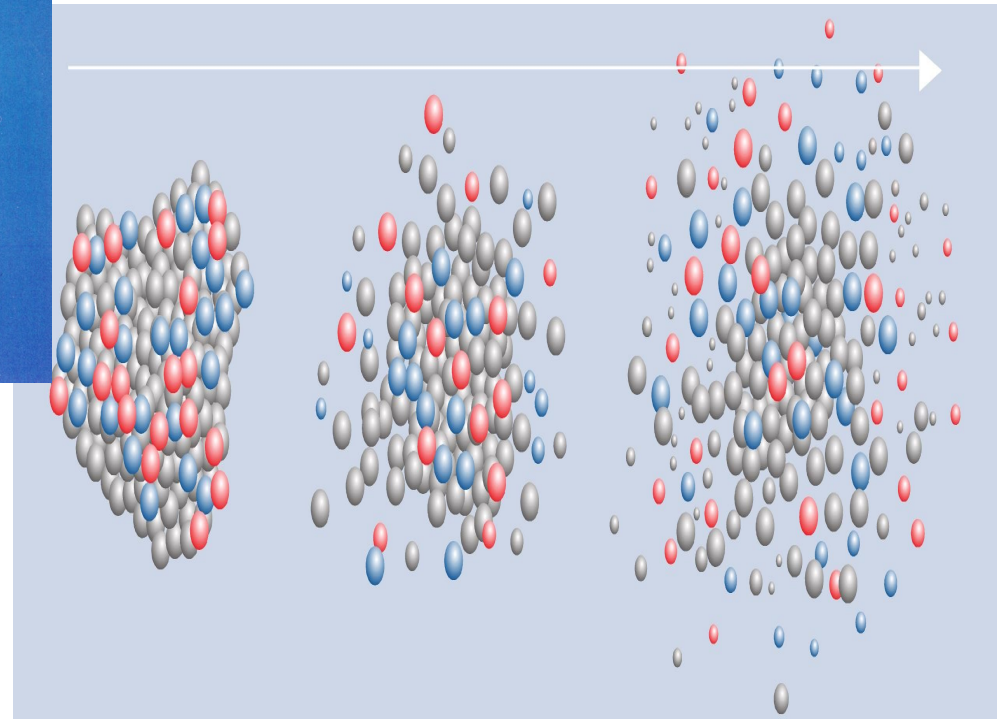
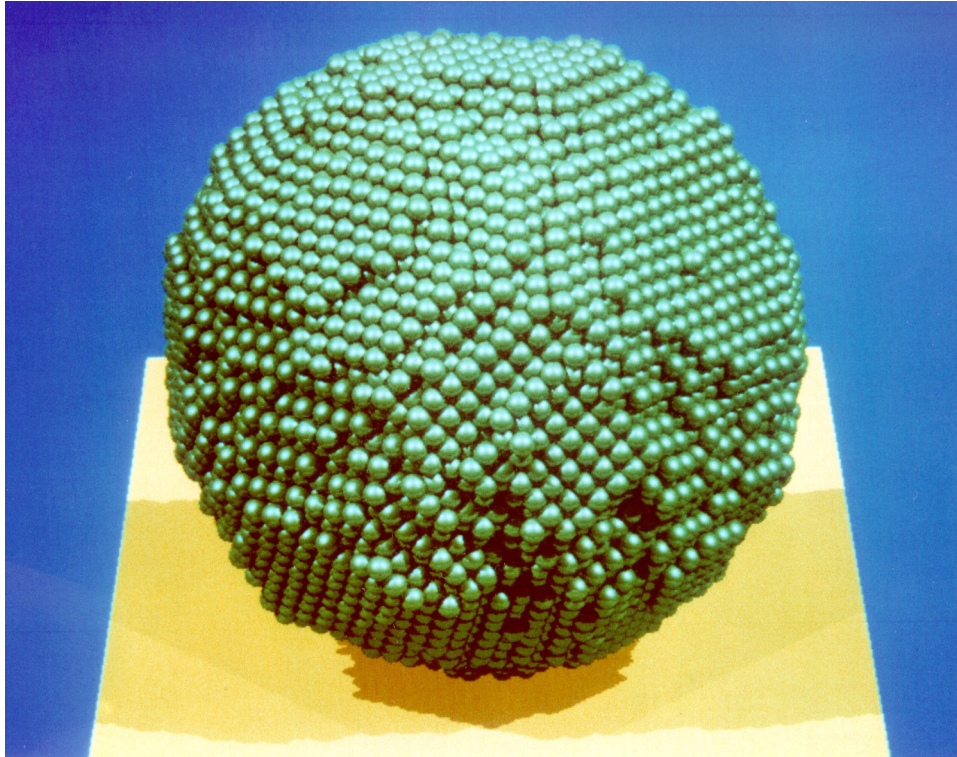


Wykład I-II: wprowadzenie

Przyszłość

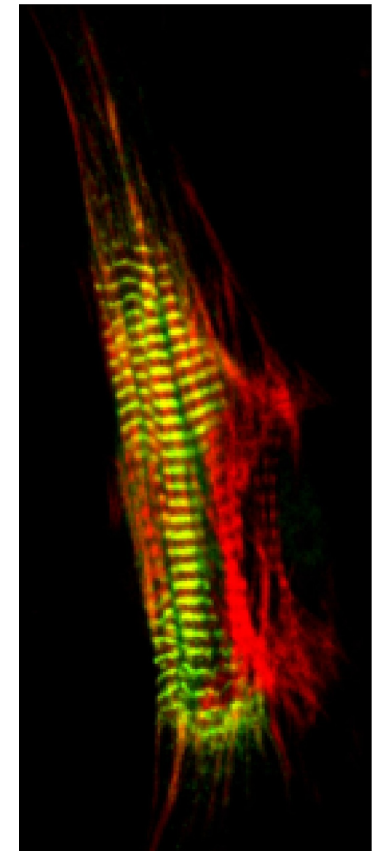
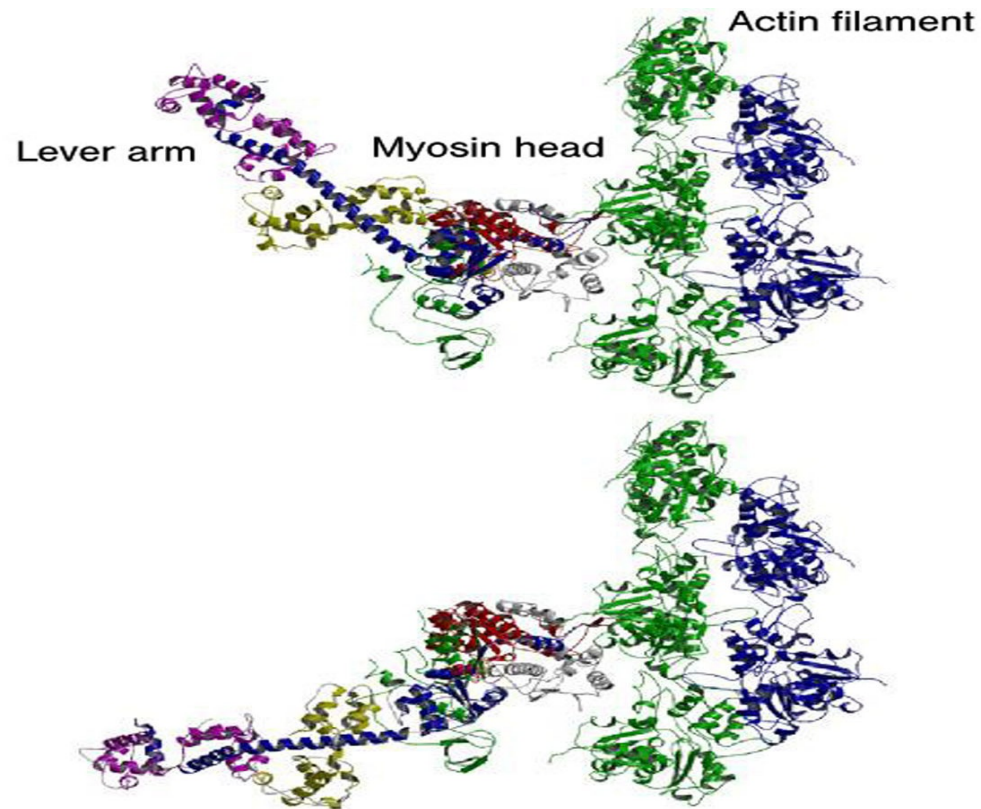
- Laserowe skalpele w chirurgii (FEL)
- Zamiana odpadów z elektrowni jądrowych w bezpieczny materia (ATW): Los Alamos
- Neutralizacja toksycznych gazów
- Bezpieczna produkcja energii (faktor 30): Carlo Rubia, CERN $U(235), U(238) \rightarrow Th(234)$, neutrony nie powodują reakcji łańcuchowej, Rozwój idei: 1995 (Pl+Th) daje także produkty mające zastosowanie w medycynie
- Femtochemia
- XFEL: X-ray Free Electron Laser Laboratory

Klaster, biomolekuły



Wykład I-II: wprowadzenie

Działanie mięśni, struktura protein, serce





FIND T LHC AND T BLACK HOLES, 32 prace

HEP :: HEPNAMES :: INSTITUTIONS :: CONFERENCES :: EXPERIMENTS :: JOBS :: VIDEOS

FIND T QUARK

Paper 1 to 25 of 18928

[Browse Author](#) | Format: **Standard** [Cites](#) [Citesummary](#) [LaTeX](#) [Rss](#) [Display again](#)

| [Next 25](#) | [Last](#) |

1) **Reggeized quark - Reggeized quark - gluon effective vertex.**

A.V. Bogdan, A.V. Grabovsky . Jan 2007. 20pp. [Temporary entry](#)

e-Print Archive: **hep-ph/0701144**

[References](#) | [LaTeX\(US\)](#) | [LaTeX\(EU\)](#) | [Harvmac](#) | [BibTeX](#)

[Abstract](#) and [Postscript](#) and [PDF](#) from arXiv.org or try [Postscript at DESY](#) (mirrors: [au](#) [br](#) [cn](#) [de](#) [es](#) [fr](#) [il](#) [in](#) [it](#) [jp](#) [kr](#) [ru](#) [tw](#) [uk](#) [za](#) [aps](#) [lanl](#))

[Link to this record](#)

2) **Weak radiative hyperon decays in quark model.**

E.N. Dubovik, V.S. Zamiralov, S.N. Lepshokov . Jan 2007. 12pp. [Temporary entry](#)

e-Print Archive: **hep-ph/0701141**

[References](#) | [LaTeX\(US\)](#) | [LaTeX\(EU\)](#) | [Harvmac](#) | [BibTeX](#)

[Abstract](#) and [Postscript](#) and [PDF](#) from arXiv.org or try [Postscript at DESY](#) (mirrors: [au](#) [br](#) [cn](#) [de](#) [es](#) [fr](#) [il](#) [in](#) [it](#) [jp](#) [kr](#) [ru](#) [tw](#) [uk](#) [za](#) [aps](#) [lanl](#))

[Link to this record](#)

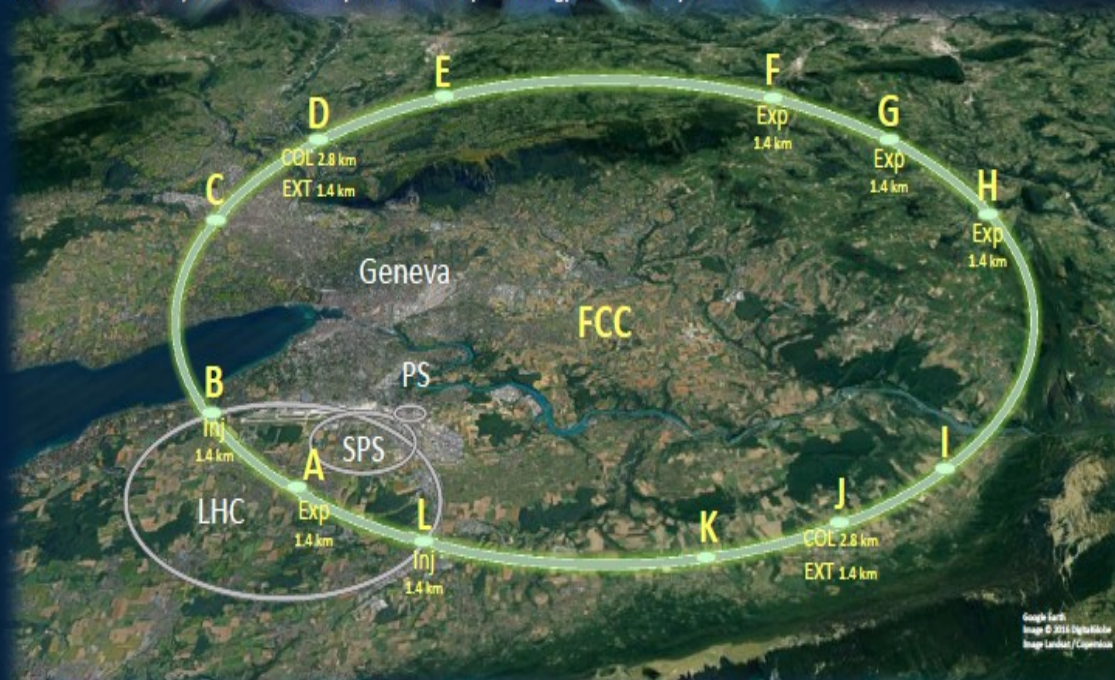
3) **Measurements of the Top Quark at the Tevatron Collider**

FCC

- Future Circular Collider ...

The Future Circular Collider (FCC) study is an international collaboration aimed at designing the particle accelerator that will replace the LHC once it has completed its operational lifetime. The FCC will expand the current energy and luminosity frontiers in order to help answer the most fundamental questions in science: What is dark matter? Are there extra dimensions in the universe? Are there other forces in nature?

The FCC collaboration, hosted by CERN, is open to universities, research institutes and high-tech companies. A conceptual design will be delivered before the end of 2018, in time for the next update of the European Strategy for Particle Physics.



FCC-hh – A discovery machine

The 100 TeV proton-proton collider (FCC-hh) will have an energy seven times higher than the LHC. Such a collider will give access to the smallest scales and the most energetic phenomena in nature.

New fundamental forces and particles can be discovered, extending the reach for searching dark matter particles, supersymmetric partners of quarks and gluons, and possible substructure inside quarks. Billions of Higgs bosons and trillions of top quarks will be produced, creating new opportunities for the study of rare decays, flavor physics, and the mechanism of electroweak symmetry breaking.

The FCC-hh collider provides also the opportunity to push the exploration of the collective structure of matter at the most extreme density and temperature conditions to new frontiers through the study of heavy-ion collisions.

FCC-ee – A machine for precision

The second scenario of the FCC design study (FCC-ee) is a high-luminosity, high-precision electron-positron collider with center-of-mass collision energies between 90 and 350 GeV. Located in the same 100 km long tunnel as the FCC-hh it is considered a potential intermediate step towards the realization of the hadron facility, and complementary to it.

Clean experimental conditions give electron-positron colliders the capability to measure known particles with the highest precision.

FCC-ee would measure the properties of the Z, W, Higgs and top particles with unequalled accuracy, offering the potential for discovering dark matter or heavy neutrinos. The FCC-ee could enable profound investigations of electroweak symmetry breaking and open a broad indirect search for new physics over several orders of magnitude in energy.

FCC-he – New opportunities

With the huge energy provided by the 50 TeV proton beam and the potential availability of an electron beam with energies of the order of 60 GeV, new horizons open up for the physics of deep inelastic electron-proton scattering.

The FCC-he collider would be both a high-precision Higgs factory and a powerful microscope to discover new particles. It would be the most accurate tool for studying quark-gluon interactions, possible substructure of matter and unprecedented measurements of strong and electroweak interaction phenomena. The hadron-electron collider is a unique complement to the exploration of nature at high energies within the FCC complex.

The FCC study explores three different scenarios: a hadron-hadron collider (FCC-hh), an electron-positron collider (FCC-ee), and a hadron-lepton (FCC-he) collider. The hadron-hadron collider defines the overall infrastructure for the FCC. With a target center-of-mass energy of 100 TeV, and 16-Tesla bending magnets, such a machine will have a circumference of 100 km.

Main parameters and geometrical aspects

	LHC	FCC
Circumference [km]	26.7	100
Dipole field [T]	8.33	16
Straight sections	8 × 518 m	6 × 1400 m + 2 × 4300 m
Number of IPs	2 + 2	2 + 2
Injection energy [TeV]	0.45	3.5

FCC-hh compared with LHC and High-Luminosity LHC

	LHC	HL-LHC	FCC-hh baseline	FCC-hh ultimate
Energy at center of mass [TeV]	14	14	100	100
Bunch spacing [ns]	25	25	25	25
Number of bunches	2808	2808	10600	10600
Transverse emittance [mm]	3.75	2.5	2.2	0.44
Beam current [A]	0.584	1.12	0.5	0.5
Peak luminosity [$10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$]	1.0	5.0	5.0	< 30.0

FCC-ee compared with the Large Electron-Positron collider (LEP2)

The main center-of-mass operating points with strong physics interest for FCC-ee are 91 GeV (Z pole), 160 GeV (W pair production threshold), 240 GeV (Higgs resonance) and 350 GeV ($t\bar{t}$ threshold).

	LEP2	FCC-ee			
		Z	W	H	$t\bar{t}$
Energy at center of mass [GeV]	208	91	160	240	350
Bunch spacing [ns]	247 / 494	7.5	2.5	50	400
Number of bunches	4	30180	91500	5260	780
Emittance (horizontal) [nm]	22	0.2	0.09	0.26	0.61
Emittance (vertical) [pm]	250	1	1	1.2	2.5
Beam current [mA]	3.04	1450	152	30	6.6
Peak luminosity [for 2 IPs] [$10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$]	0.012	207	90	19.1	1.3

Contacts and further information

FCC – FCC Office
fcc.office@cern.ch

EuroCirCol – Prof. Carsten P. Welsch
carsten.welsch@cockcroft.ac.uk



<http://fcc.web.cern.ch>

<http://www.eurocircol.eu>



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant to ERC-1010191. The information herein reflects only the views of its authors and the Research Executive Agency is not responsible for any use that may be made of the information contained.

Literatura

Wykłady, problemy na ćwiczenia

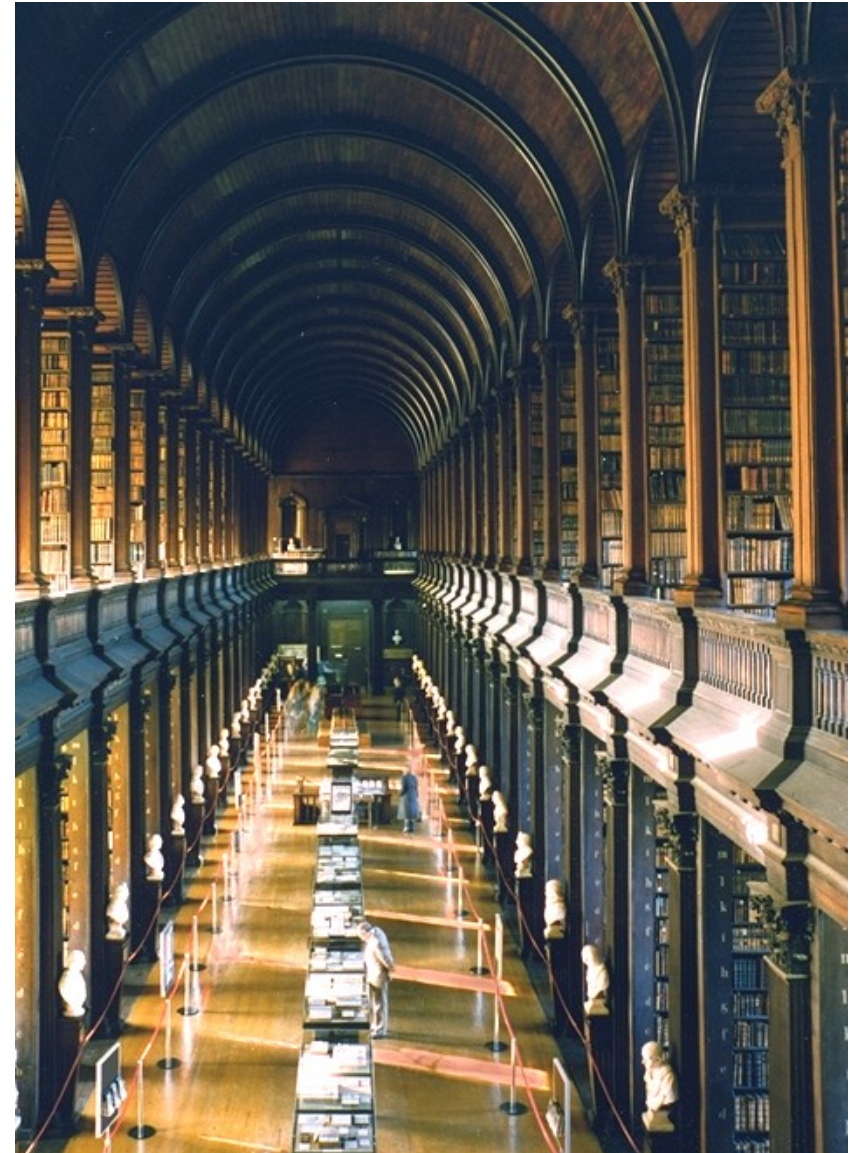
<http://www.us.edu.pl/~gluza>

Review of Particle Physics,

<http://xxx.lanl.gov/>

<http://www.slac.stanford.edu/spires/>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>



Wykład I-II: wprowadzenie

Literatura

- Poniższe także często po angielsku i rosyjsku
- Martin, Halzen “Kwarki i leptyony”
- Perkins “Wstęp do fizyki wysokich energii”
- A. Seiden “Particle Physics”
- Leader, Predazzi, “Wstęp do teorii oddziaływań kwarków i leptonów”
- D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles



Końcowe uwagi

- Slajdy nie zastępują wykładu!
- Na ćwiczeniach ważniejsze części wykładów przeliczamy