

# CERN

## brána do hlubin mikrosvěta

*Petr Závada*  
*Fyzikální ústav AV ČR, Praha*

**CENTRUM PODPORY PROJEKTŮ  
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

*24.10. 2012*

# Program:

---

- Co je CERN, co je mikrosvět?
  - Co se v CERNu dnes odehrává?
  - Jak se na tom podílíme?
  - Závěr
-

**1949**

**K obnovení rovnováhy a oživení evropské vědy navrhl nositel Nobelovy ceny Louis de Broglie na Evropské kulturní konferenci v Lausanne vytvoření Evropské vědecké laboratoře.**

**1952**

**Po dvou konferencích UNESCO se 11 evropských vlád dohodlo ustavit dočasnou "Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire" (CERN).**

## Sur le terrain du futur institut nucléaire



Sous la conduite de M. A. Picot, les membres du Conseil européen pour la recherche nucléaire se sont rendus hier à Meyrin pour reconnaître le terrain où s'élèvera le Centre nucléaire (voir en Dernière heure)

(Photo Freddy Bertrand, Genève)

Na setkání  
nové rady  
v Amsterdamu  
bylo pro  
plánovanou  
laboratoř  
vybráno místo  
poblíž Ženevy.

1954

Po úvodní ratifikaci Konvence jejími členskými státy vzniká formálně Evropská organizace pro jaderný výzkum 29. září. Ačkoli je původní rada rozpuštěna, zkratka CERN zůstává. Zakládající členské státy jsou Německá spolková republika, Belgie, Dánsko, Francie, Řecko, Itálie, Norsko, Nizozemí, Velká Británie, Švédsko, Švýcarsko a Jugoslávie. Jugoslávie CERN opouští v roce 1961. Rakousko se připojuje v roce 1959, Španělsko v roce 1961, opouští CERN v roce 1969, ale znovu se připojuje v roce 1983. Portugalsko vstupuje v roce 1985, Finsko and Polsko v roce 1991, Maďarsko a **ČSFR 1992, Česká a Slovenská Republika v roce 1993** a Bulharsko v roce 1999, a ve frontě jsou další...

6. 10. 1955

Felix Bloch, první  
generální ředitel  
CERN, projev při  
pokládání základního  
kamene.



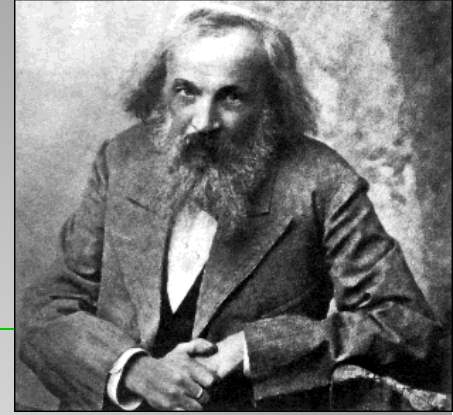


**CERN**







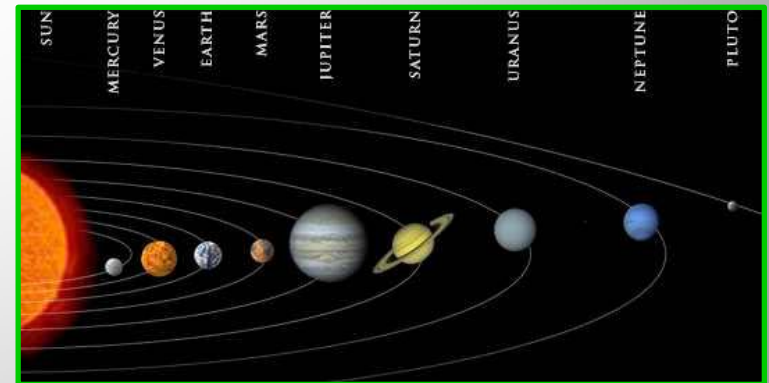
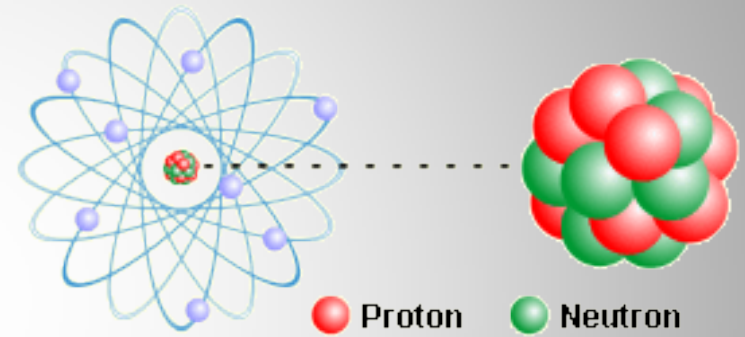
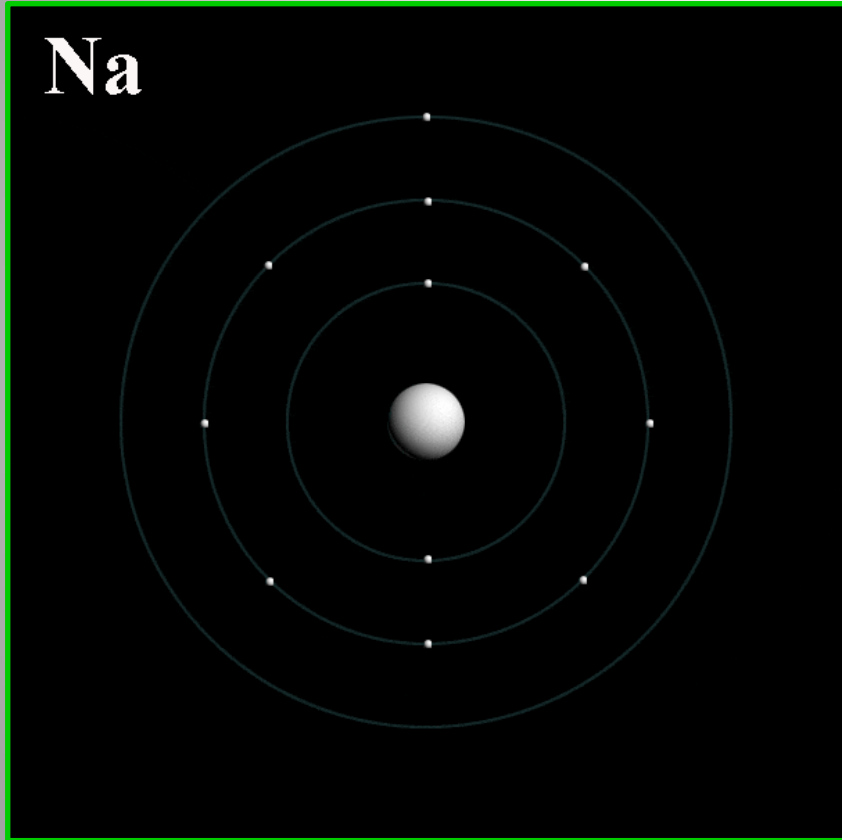


# Kde začíná mikrosvět...

Dmitrij Ivanovič Mendělejev, profesor chemie v St. Peterburgu poskládal chemické prvky podle hmotností do známé periodické tabulky prvků publikované v roce **1869**...

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS																		
1	2	METALS										3	4	5	6	7	8	
H												Metalloids and non-metals						He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg	Transition metals										Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	lanthanides	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	actinides																
LANTHANIDES		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
ACTINIDES		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw		

# Ale hlubší chápání podstaty atomů nastalo až v dalším století...



---

Pochopení podstaty atomů vyústilo v dramatický pokrok ve fyzice (**kvantová mechanika**) a následně i v technologiích. Nové a nové plody stále dozrávají, jedná se především o oblasti:

- ❑ **Elektronika**
  - ❑ **Jaderné technologie**
-

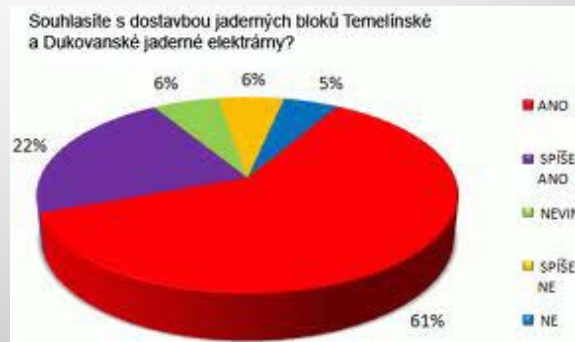
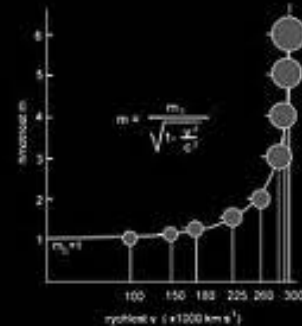
# Elektronika ovládá planetu...



# Jaderná energie...

$$E = m c^2$$

Hmota představuje formu energie



# Zpět do mikrosvěta a CERNu...

---

...ukázalo se ale, že u elektronů, protonů a neutronů mikrosvět nekončí. S pomocí zdrojů částic (radioaktivní izotopy, kosmické záření, později i z urychlovačů) se dařilo objevovat nové a nové částice s pozoruhodnými vlastnostmi. Některé z nich například prokázaly, že pojem antihmota má v chápání mikrosvěta reálné místo. Do zkoumání nových částic se již zapojuje i laboratoř CERN...

---

# Základní nástroje

---

Částice je třeba sledovat v akcích, v nichž vyjeví své vlastnosti. Ideální akcí jsou srážky částic. Každá srážka částic přináší kousek informace o tom, jakými zákony je svět částic ovládán. K tomu potřebujeme:

- **Urychlovače** – zařízení, která připraví pro srážky částice s co nejvyšší energií
  - **Detektory** – nástroje které zaznamenají průchod částice a věrně zaznamenají co nejvíce informace o částici
-



1957

**První urychlovač v CERN**, 600 MeV protonový synchrotron. Prvním objevem je rozpad pionu na elektron a neutrino ( $BR=10^{-4}$ ).



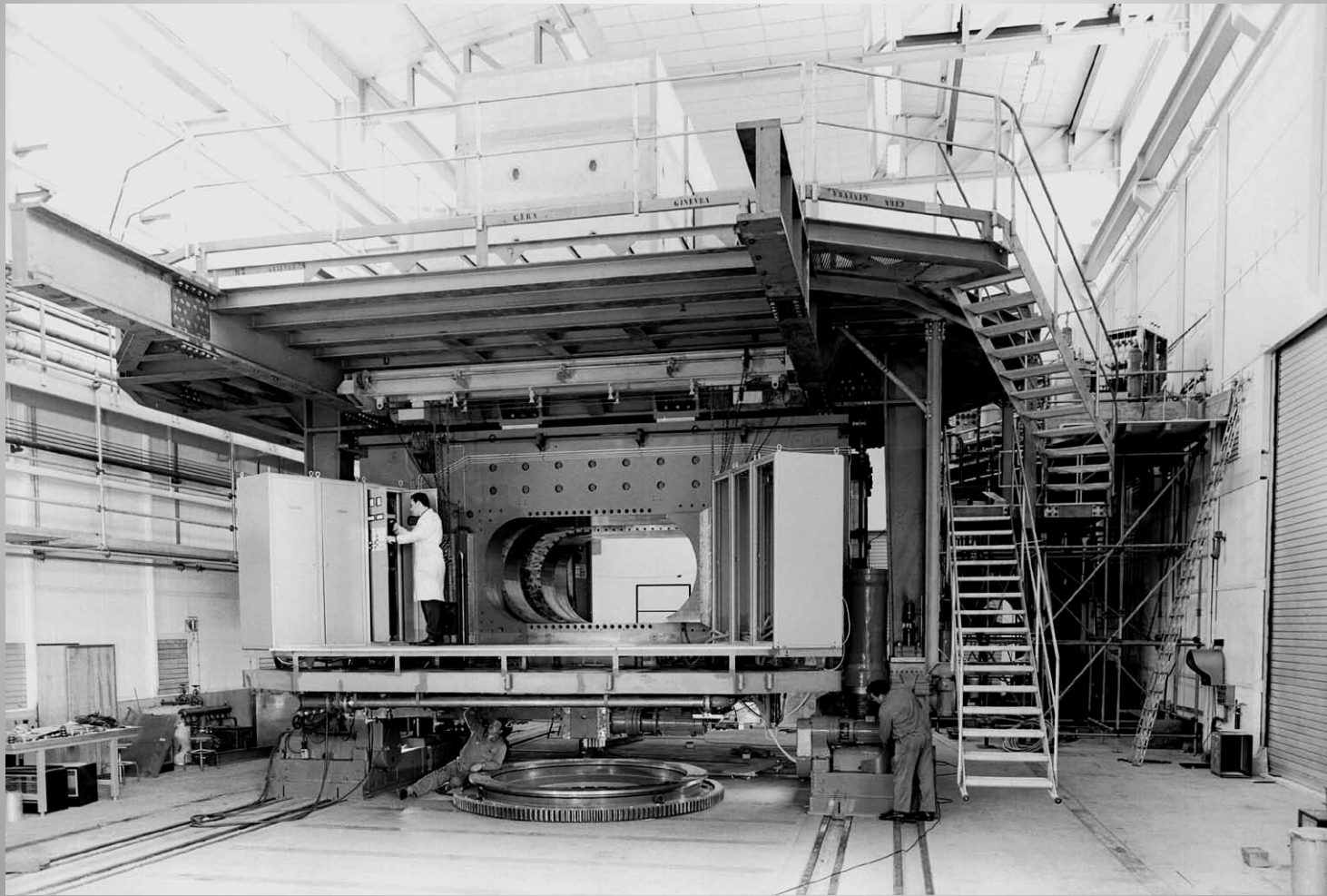
1959

V CERN zahajuje práci první velký urychlovač, 28 GeV Proton Synchrotron (PS), na čas největší urychlovač na světě. Láhev šampaňského rozbíjí Niels Bohr.



1963

Získány první fotografie neutrinových interakcí v  
bublinové komoře (2 m bublinová komora během  
konstrukce).



1965

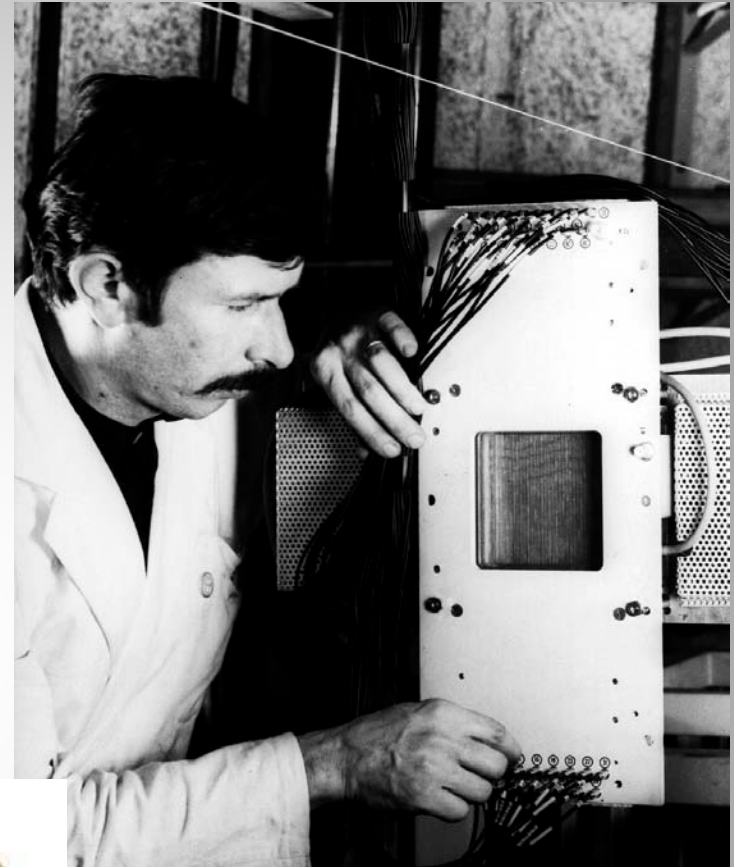
Dohoda s Francií  
umožňuje rozšířit  
laboratoř na  
francouzské území.

CERNská rada  
schvaluje stavbu  
urychlovače  
Intersecting  
Storage Rings  
(ISR), světově  
prvního collideru  
protonů. Ten  
začíná pracovat  
v roce 1971.



1968

Vynález mnohadrátových  
proporcionálních komor a  
driftových komor přináší  
revoluci do konstrukce  
elektronických detektorů částic.  
Georges Charpak získává za  
tuto práci Nobelovu cenu za  
fyziku v roce 1992.



1971

Souhlas s výstavbou druhé části laboratoře na francouzském území. Laboratoř je na svazku dalšího velkého urychlovače, Super Proton Synchrotron (SPS) s obvodem 7 km plánovaným na energii 300 GeV.

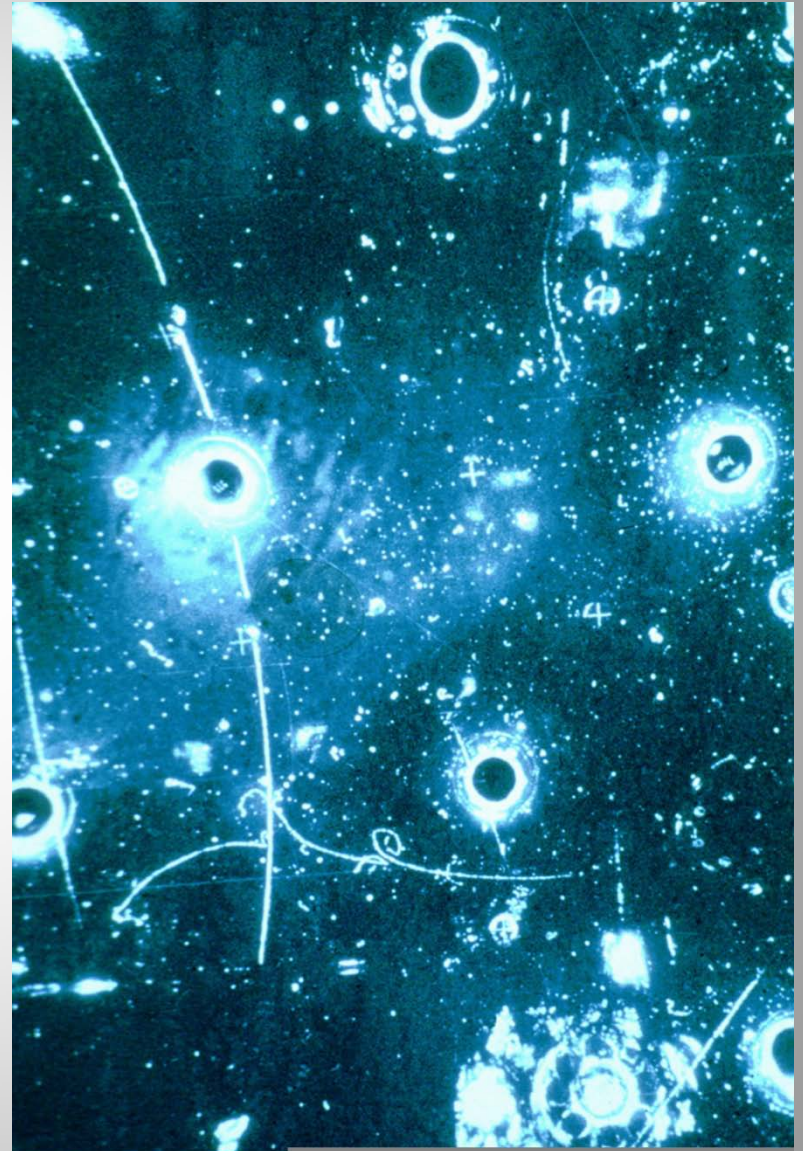


1973

**První důležité objevy experimentů na ISR ukazují vzrůst účinných průřezů srážek protonů s rostoucí energií a existenci částic rozptýlených na velké úhly díky rozptylu mezi konstituenty protonu.**

**Bublinová komora Gargamelle na neutrinovém svazku PS dává jeden z největších objevů v CERN - neutrální proudy.**

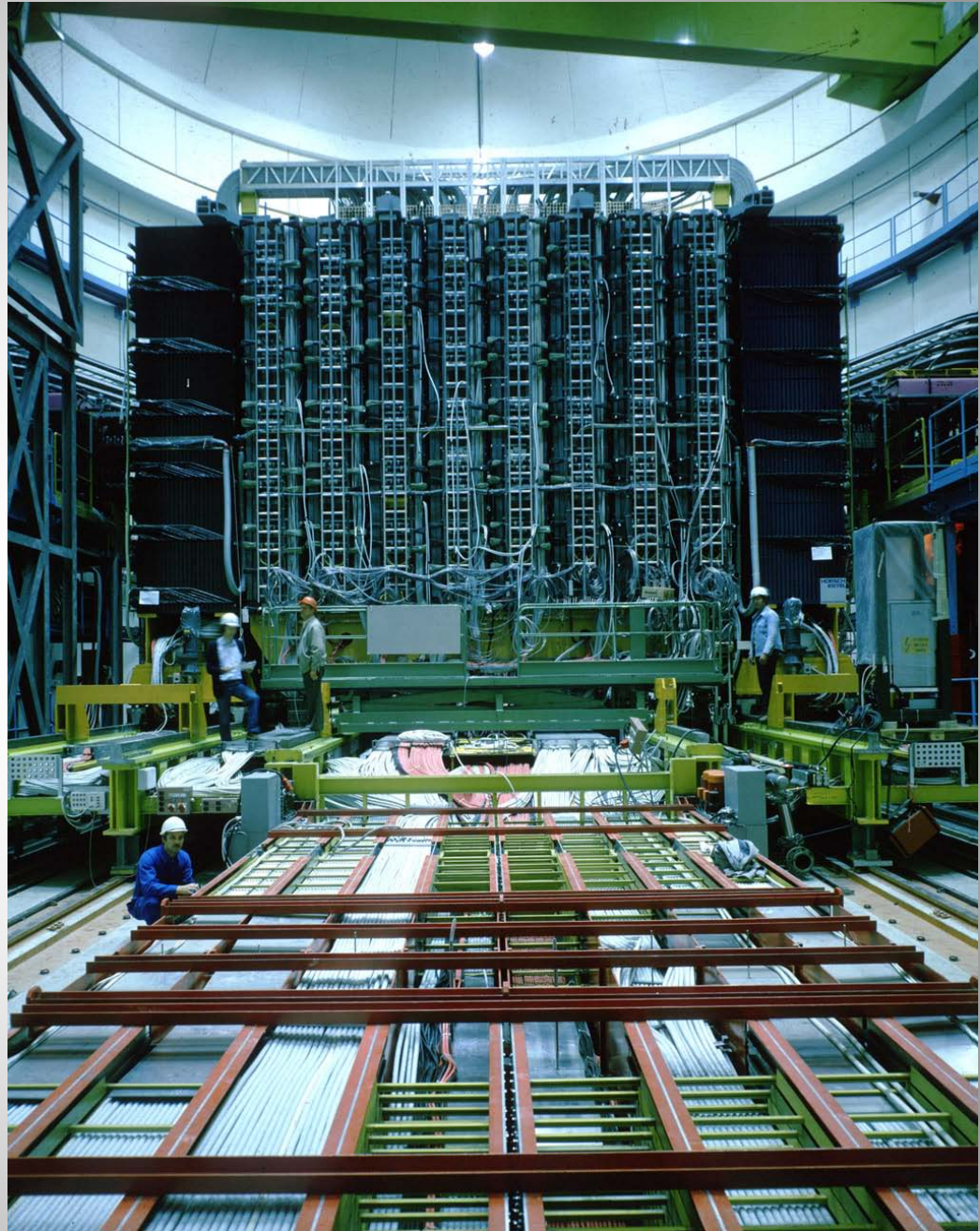
**Tento objev dává argumenty pro teorii sjednocující slabé a elektromagnetické interakce.**



1981

SPS urychluje na 270 GeV protony a anti-protony (připravené pomocí stochastického chlazení vynalezeného v CERN).

Vpravo výstavba UA1





1981

Rada schvaluje  
výstavbu  
urychlovače LEP  
(Large Electron-  
Positron collider),  
který je se svým  
**27 kilometrovým**  
obvodem největším  
dosud stavěným  
vědeckým  
přístrojem.



1983

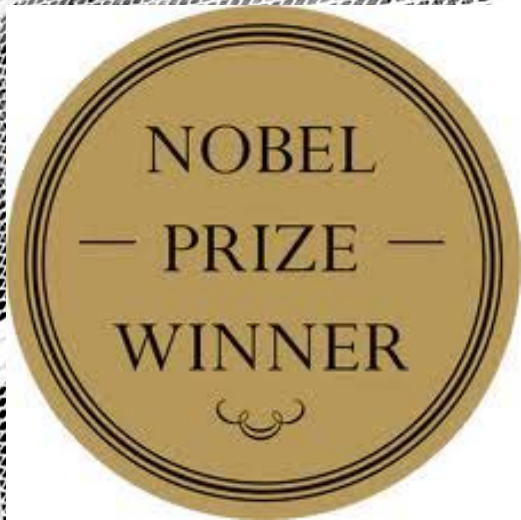
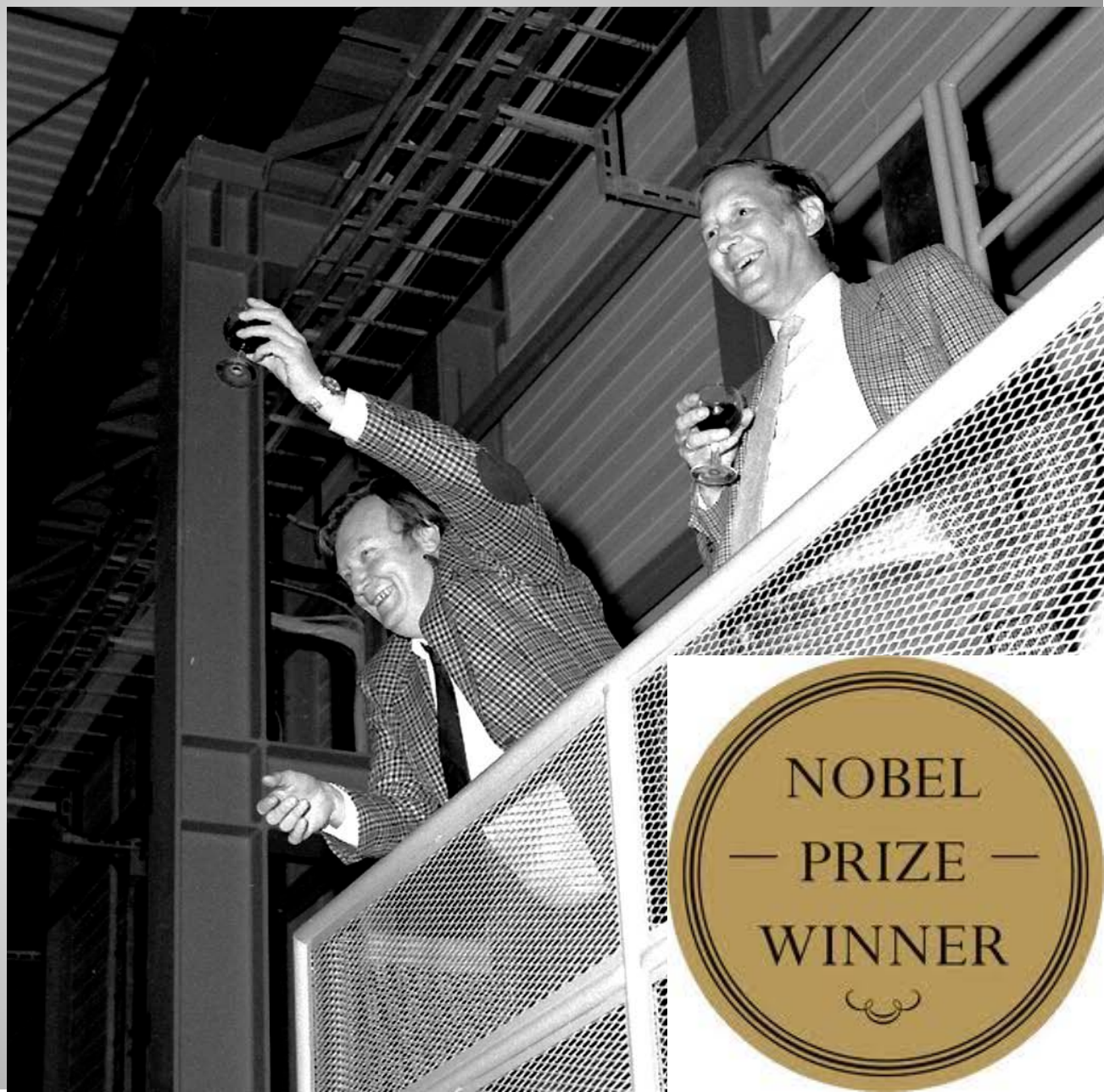
Historický objev bosonů W (leden) a Z (květen) - dlouho hledaných nosičů slabé interakce. Objev potvrdil elektroslabou teorii sjednocující slabé a elektromagnetické síly.



**1. květen 1983:**  
proton-  
antiprotonová  
srážka s  
rozpadem  $Z^0$

1984

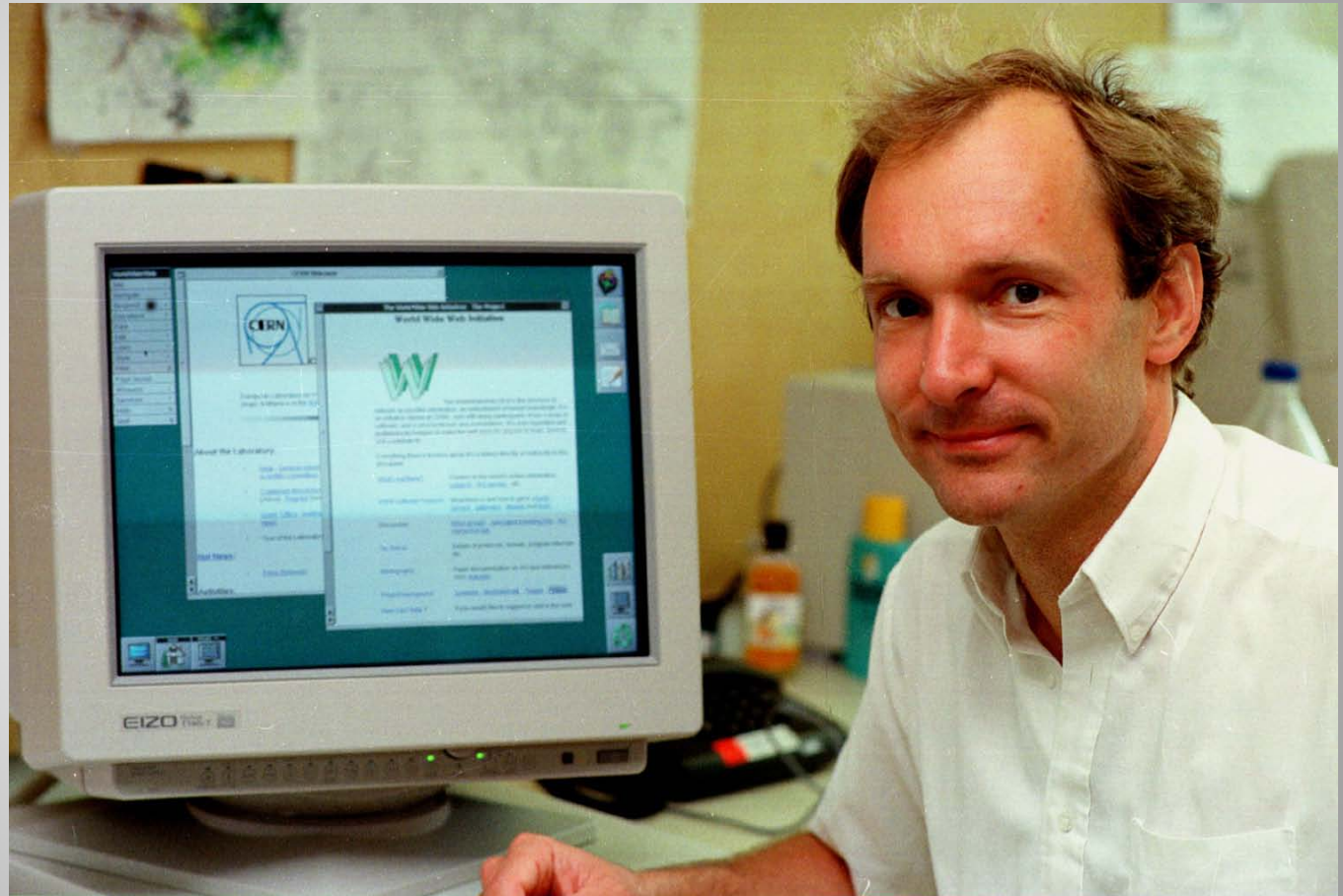
Carlo Rubbia a  
Simon van der  
Meer dostávají  
Nobelovu cenu  
za práci vedoucí  
k objevu W a Z .



1990

Tim Berners-Lee, spolupracující s Robertem Cailliau, navrhuje distribuovaný informační systém, který je

založený na hypertextu a odkazech na kousky informace uložené na různých počítačích. Pro tento systém volí jméno "World-Wide Web".

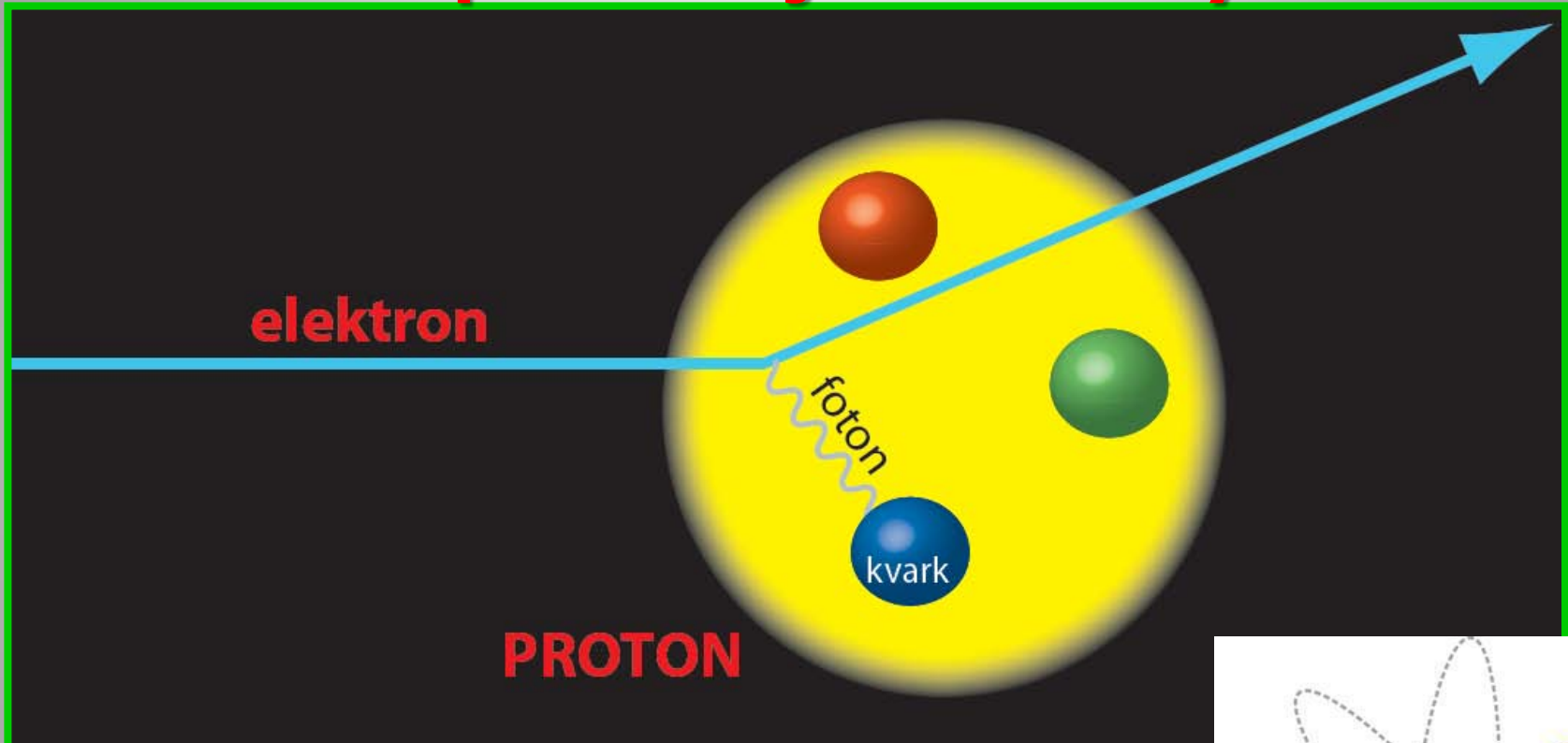


# Významný přelom

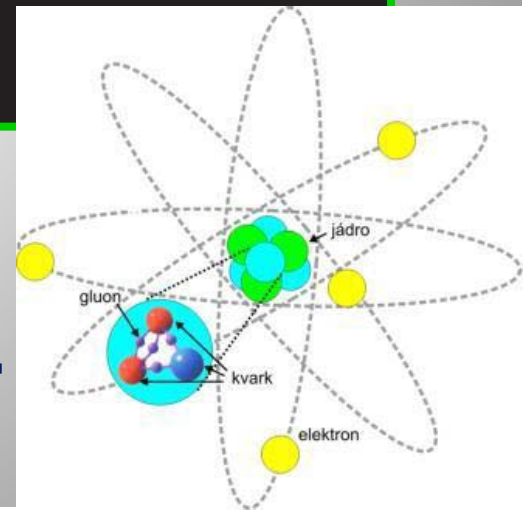
- Na konci šedesátých let byla ve SLACu (Stanford Linear Accelerator Center, USA) získána nová experimentální data ze srážek elektronů s protony. Výsledky velmi přesvědčivě naznačovaly, že elektrony, spíše než s „amorfním“ protonem, interagují s jakýmsi „bodovými konstituenty“ uvnitř protonu.
- K návrhu modelu protonu (a neutronu) který dával interpretaci těmto datům, přispěl především R. Feynman. Fakticky se jednalo o potvrzení hypotézy kvarků. Dřívější, spíše abstraktní představa kvarků, se stala realitou!
- Experiment ve SLACu (R.Taylor, H.Kendall, J.Friedman – Nobelova cena 1990)



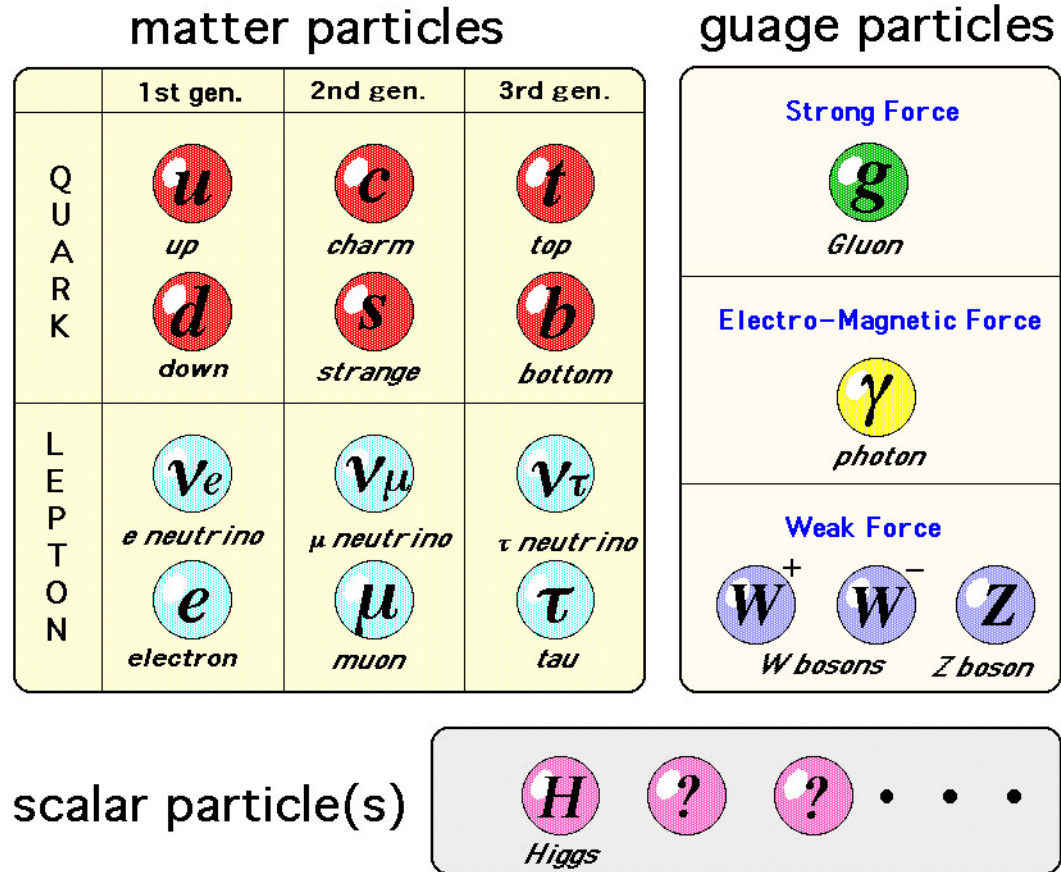
# Uvnitř protonu jsou kvarky



**To byl počátek nového  
uvažování i nových směrů  
experimentů s částicemi...**

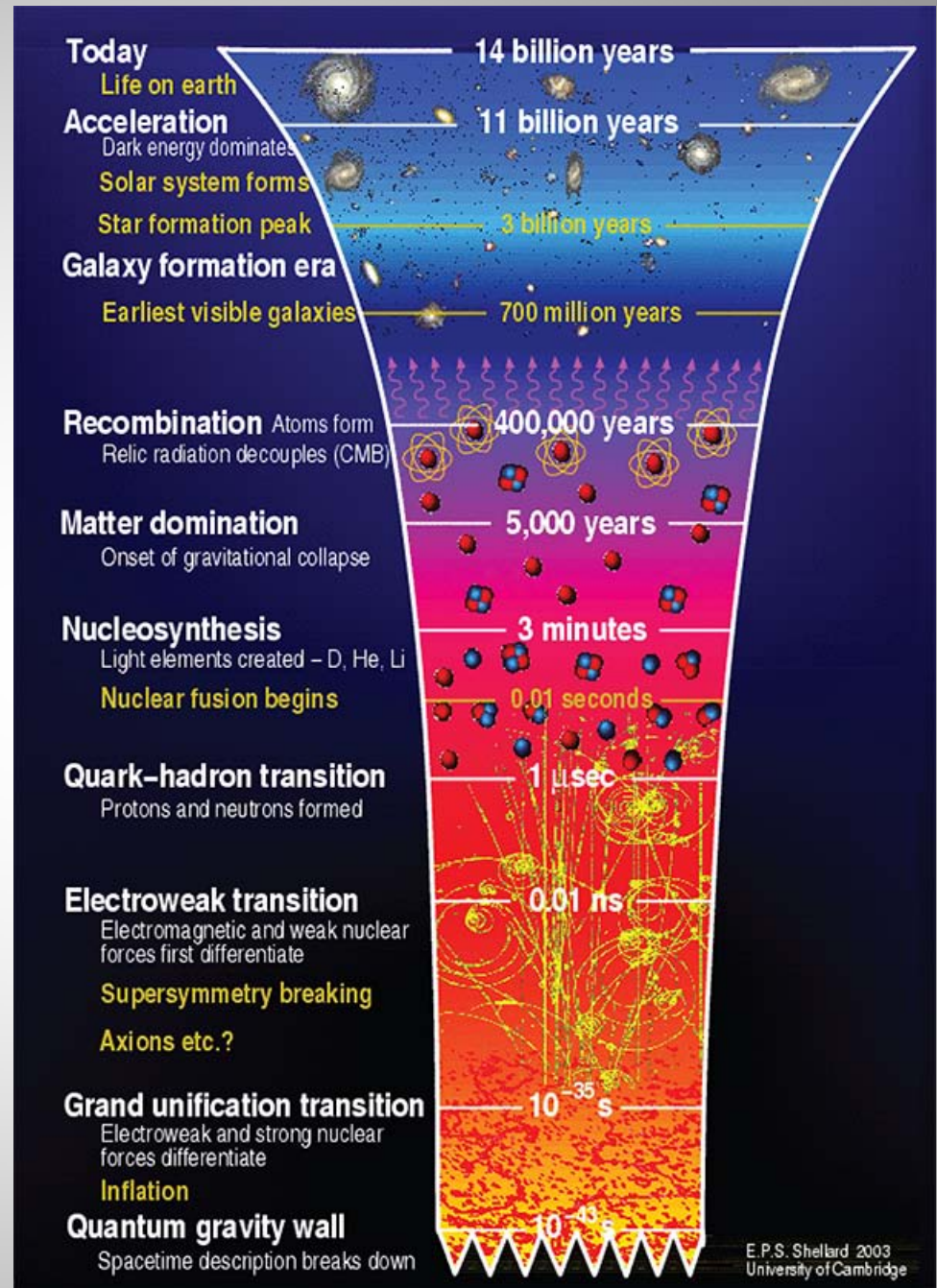


...je to něco jako modernější Mendělejevova tabulka. Pokud by se neodhalila žádná nižší úroveň, bylo by možné tabulku považovat přinejmenším za součást jakéhosi „genetického kódu“ veškeré hmoty.



Elements of the Standard Model

Standardní model je i součástí představ o historii vesmíru od okamžiku jeho vzniku (Big Bang) asi před 14mld. let.





# Novodobější historie CERN období výstavby a spuštění LHC

---

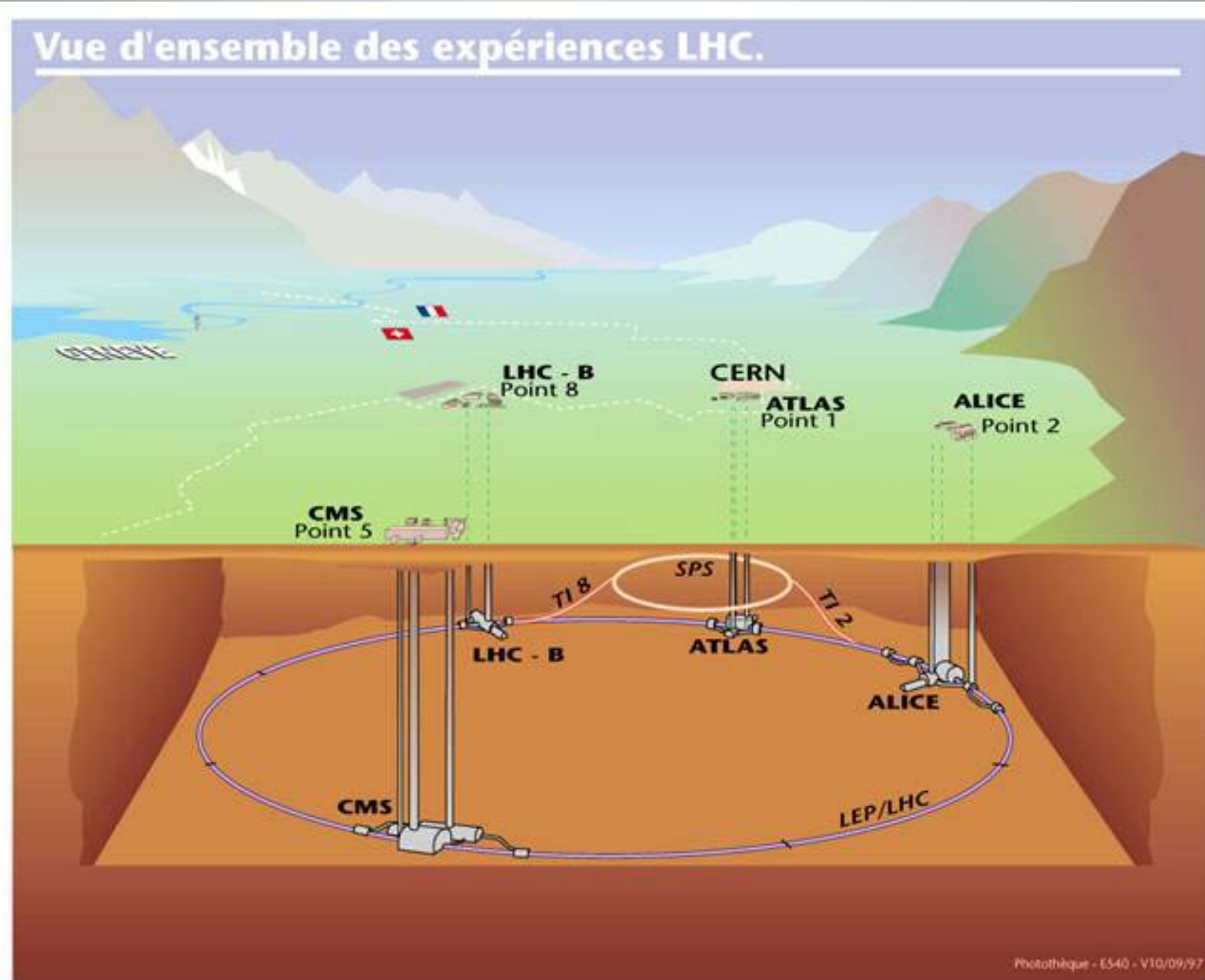
**LHC**=**L**arge **H**adron **C**ollider (p+p 14TeV)

- ❑ Výstavba LHC je definitivně schválena v roce 1994
- ❑ Krátce po prvním spuštění v září 2008 následovala vážná havárie na supravodivých magnetech.
- ❑ Oprava byla provedena během následujícího roku a k opakovanému spuštění došlo koncem 2009. Od té doby LHC i experimentální aparatury pracují stabilně a s vysokou účinností.



**CERN LHC (Large Hadron Collider)**

# Experimenty na LHC



# Testování supravodivých magnetů pro LHC



# Magnety sestupují do podzemí...

---



# Rozmístění supravodivých magnetů

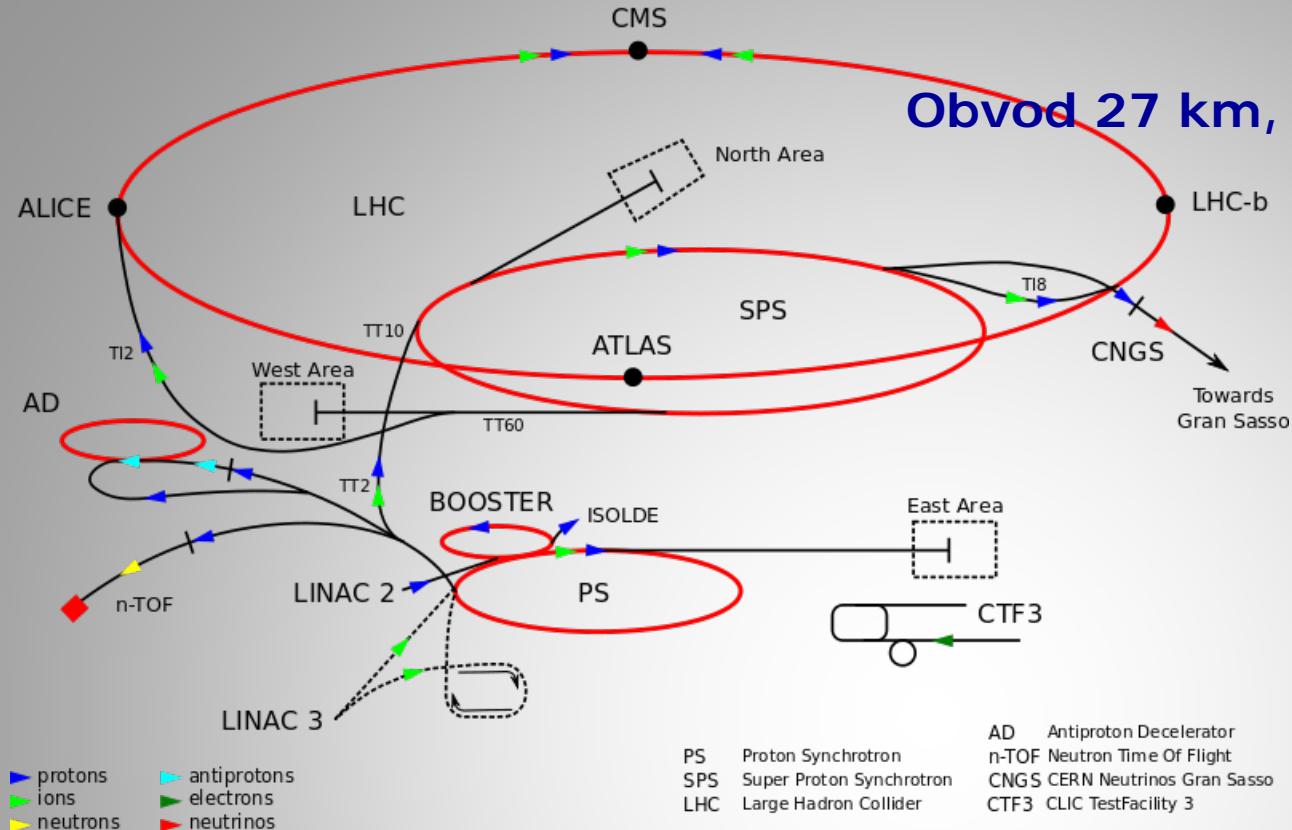


# Tunnel LHC

---



Obvod 27 km, 100 m pod povrchem



Provoz urychlovačů a příslušná infrastruktura CERN jsou zajištěny zaměstnanci CERN (~2500 zaměstnanců).

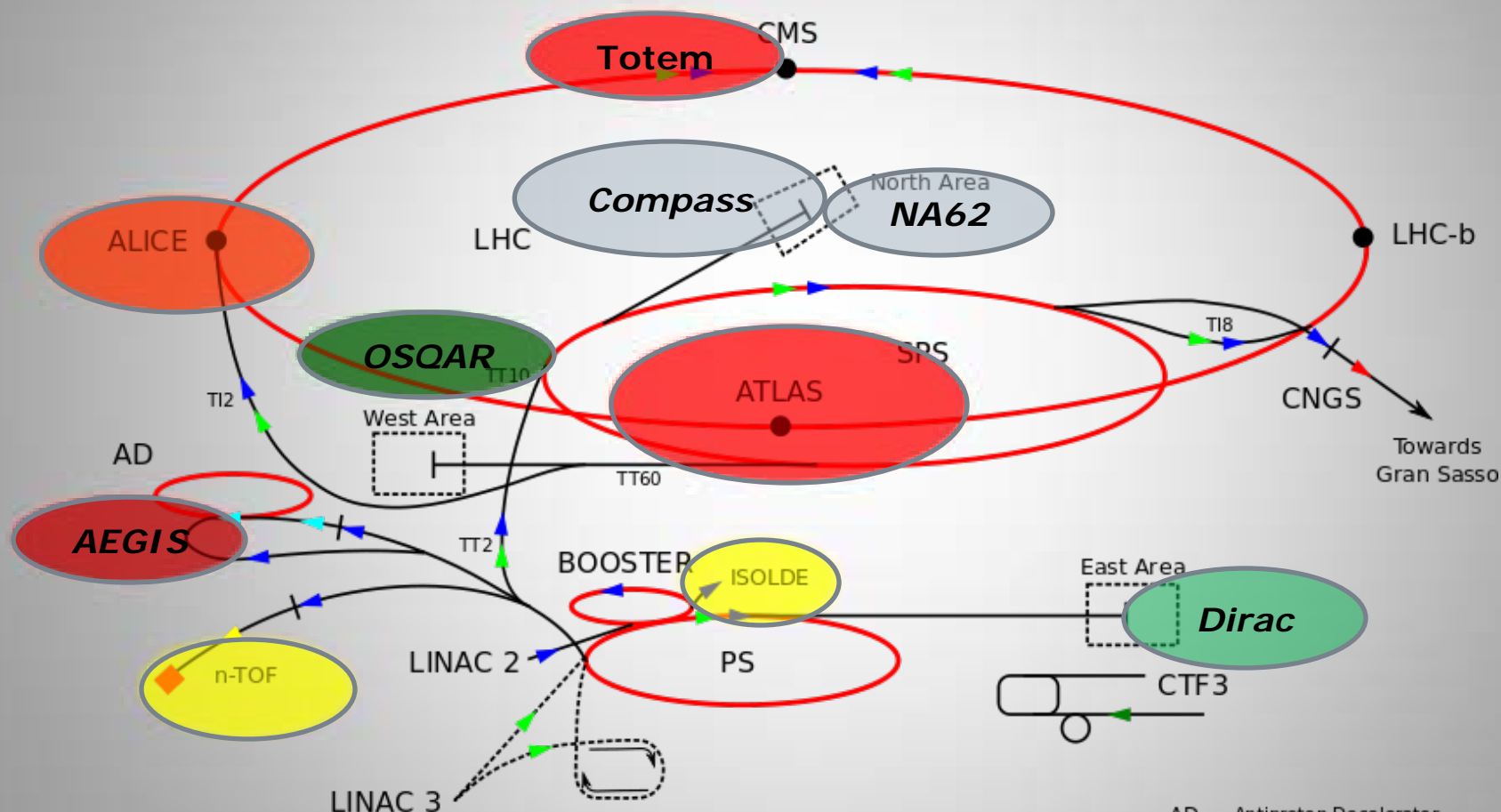
### Professional Category

- 1. Research Physicists
- 2. Scientific & Engineering Work
- 3. Technical Work
- 4. Manual Work, Crafts and Trades
- 5. Office and Administrative Work

	Staff Members	
.		
1		80
2		1 011
3		877
4		138
5A		122
5B		259
5C	40	14
<b>Total</b>		<b>2 501</b>



# ČR v CERN

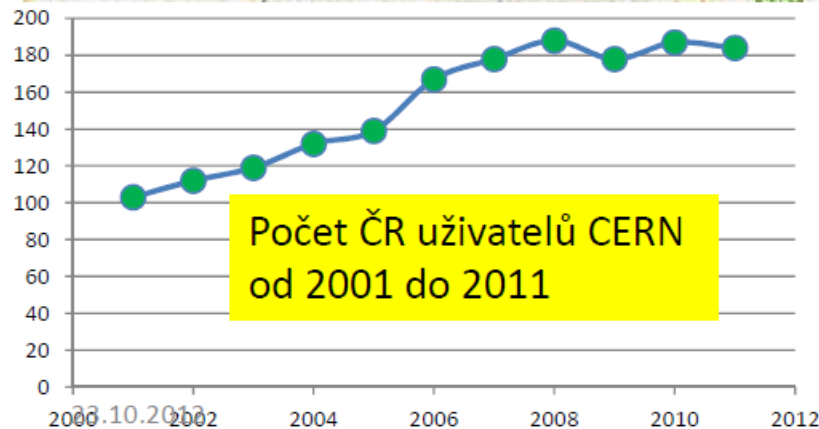
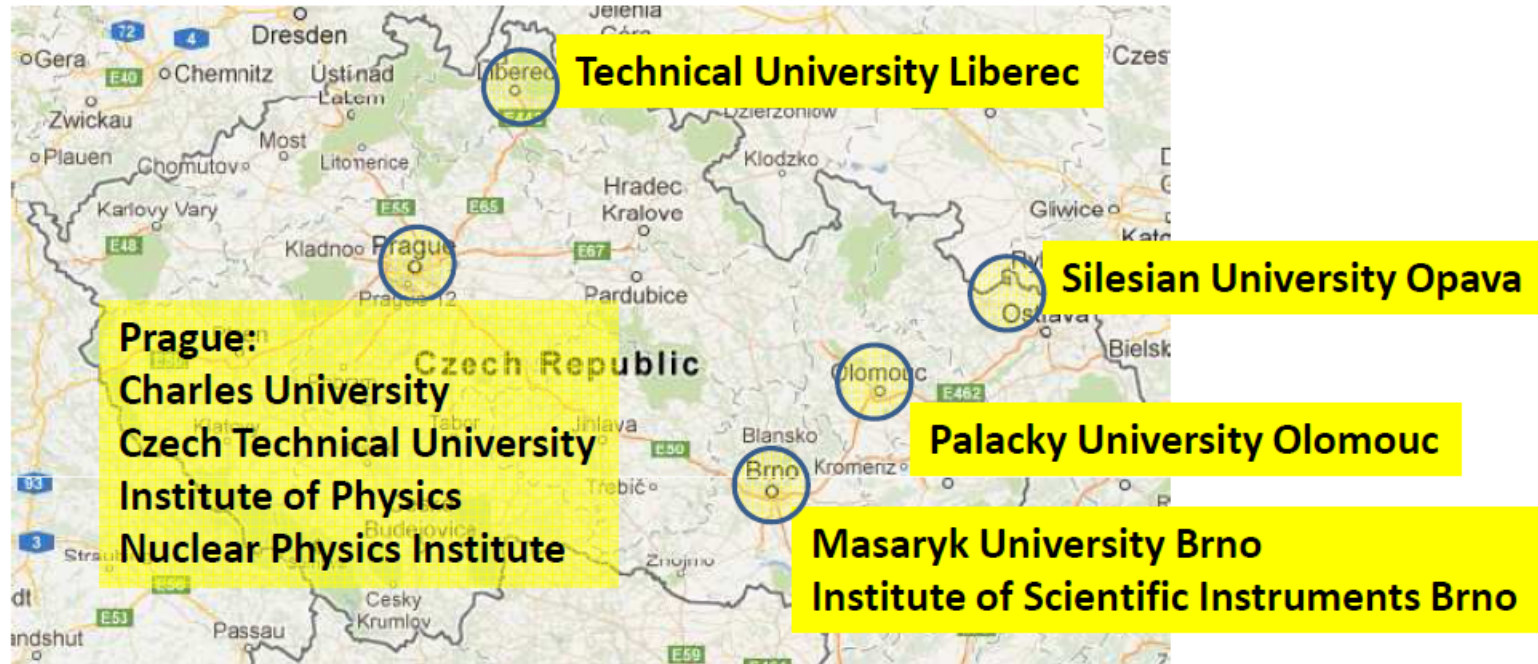


- ▶ protons
- ▶ antiprotons
- ▶ ions
- ▶ electrons
- ▶ neutrinos

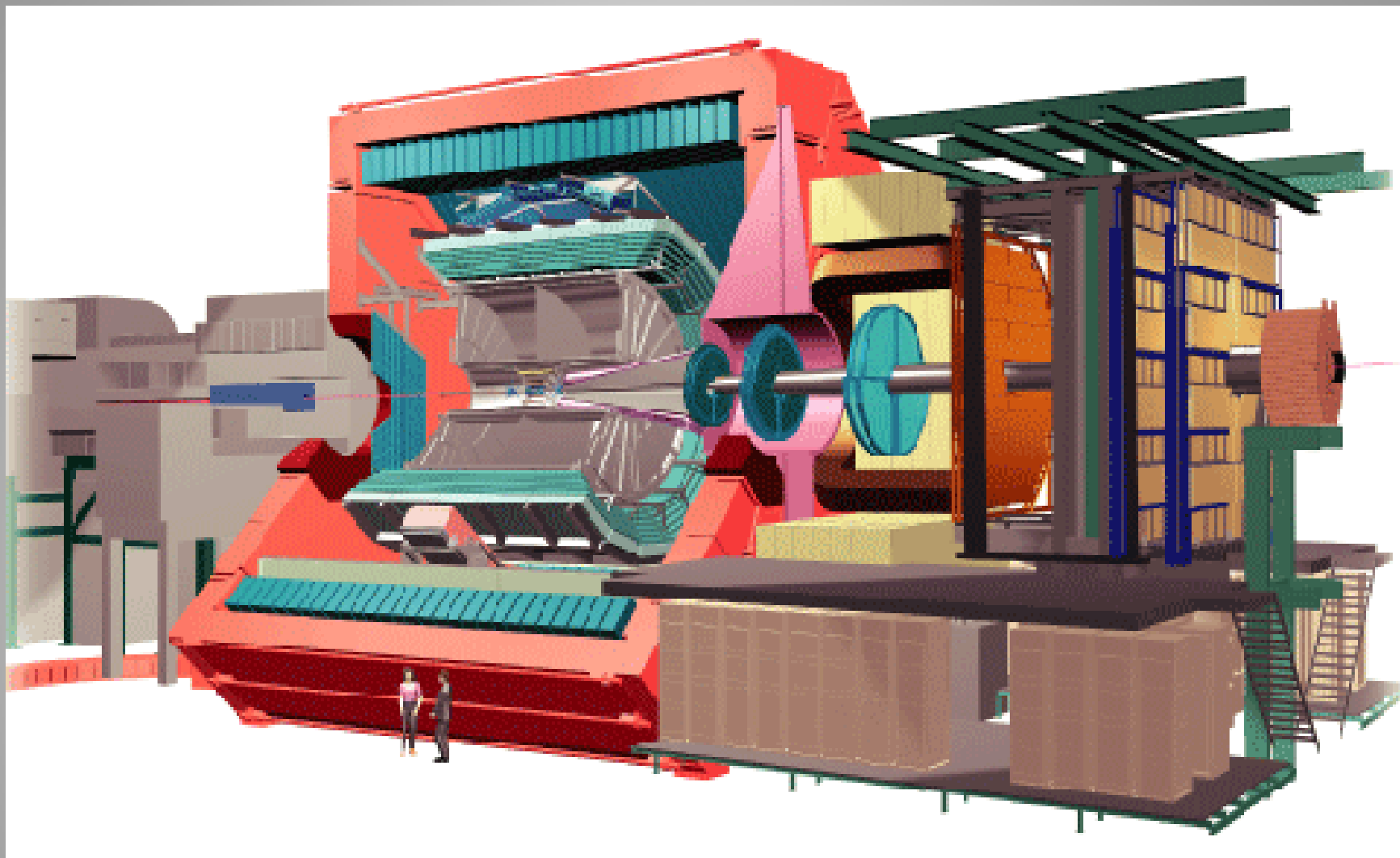
- PS Proton Synchrotron
- SPS Super Proton Synchrotron
- LHC Large Hadron Collider
- AD Antiproton Decelerator
- n-TOF Neutron Time Of Flight
- CNGS CERN Neutrinos Gran Sasso
- CTF3 CLIC TestFacility 3

23.10.2012

# Jak využívají CERN vědci z ČR

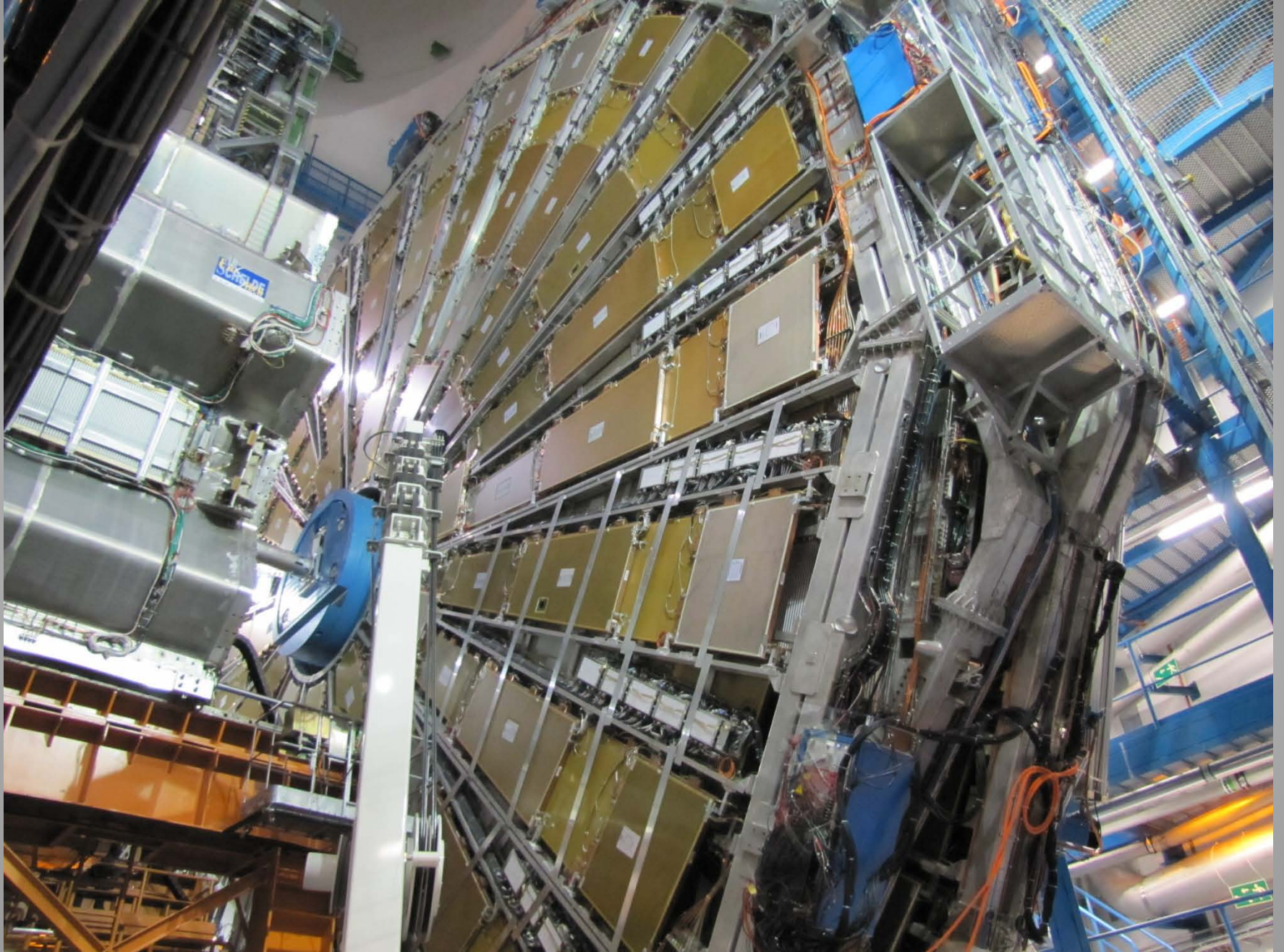


Počet uživatelů CERN z ČR je ~**190**, tj. **3%** všech uživatelů z členských zemí CERN



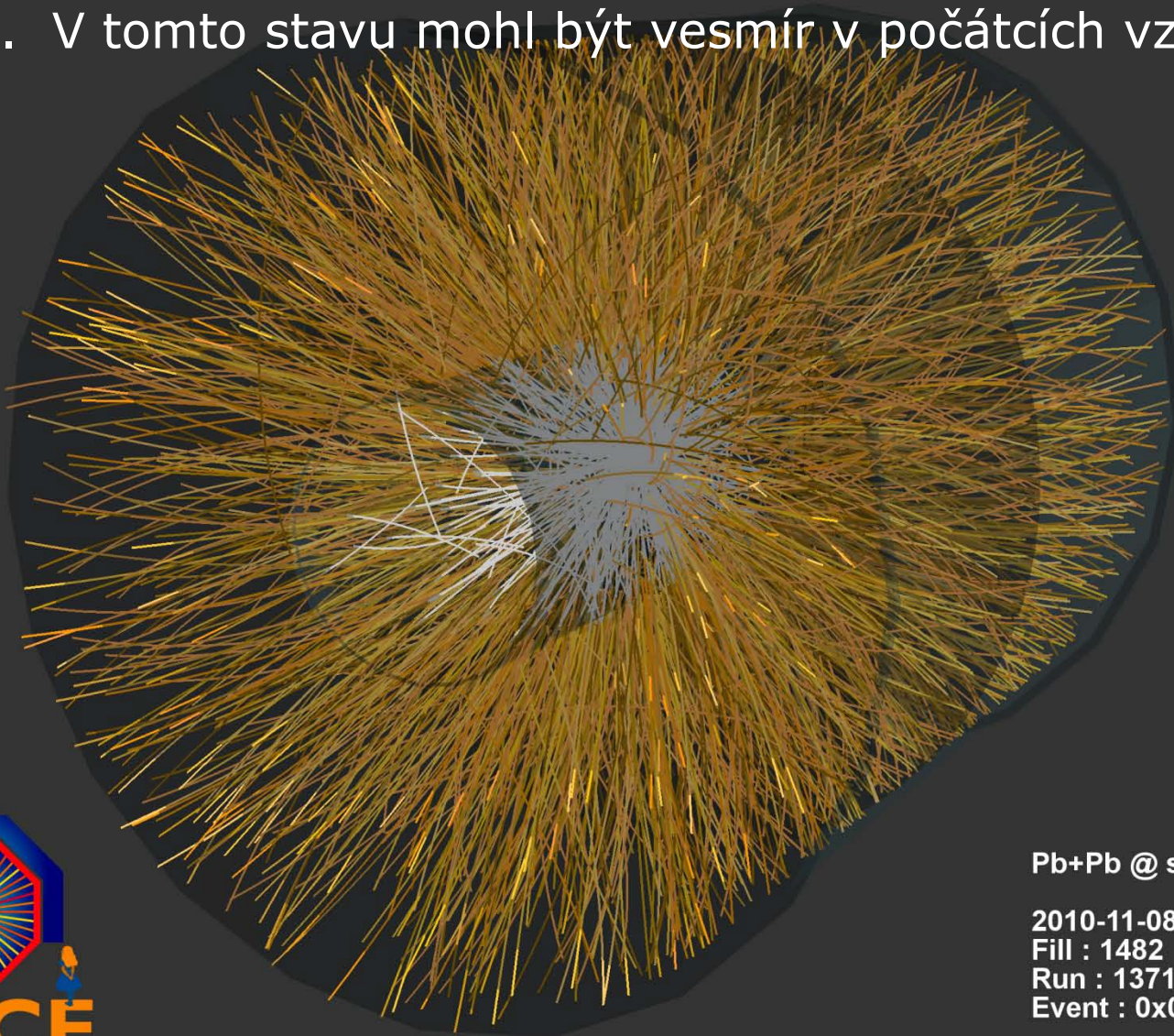
## Aparatura ALICE

**26m délka, 16m šířka i výška, 10000 tun váha**



Aparatura ALICE

**Hlavní motivace:** Zkoumání stavů jaderné hmoty při extrémních tlacích a teplotách („roztavení“ nukleonů na kvarky a gluony). V tomto stavu mohl být vesmír v počátcích vzniku...



Pb+Pb @  $\sqrt{s} = 2.76$  ATeV

2010-11-08 11:29:42

Fill : 1482

Run : 137124

Event : 0x00000000271EC693



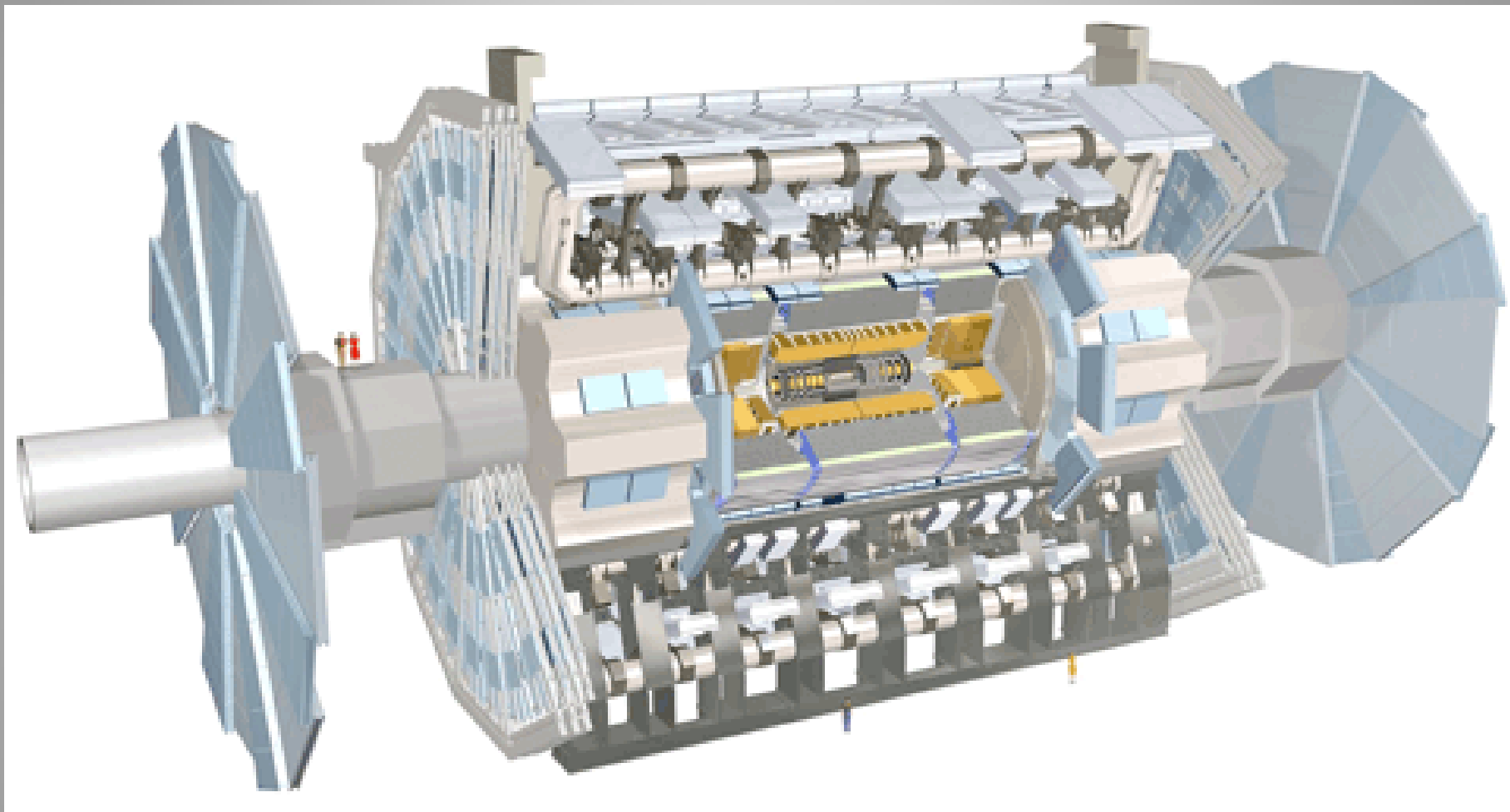
**Směny na ALICE Detector Control System**



**PaedDr. A. Gajdůšková  
Místopředsedkyně Senátu PČR  
na návštěvě CERN 15/2 2012**

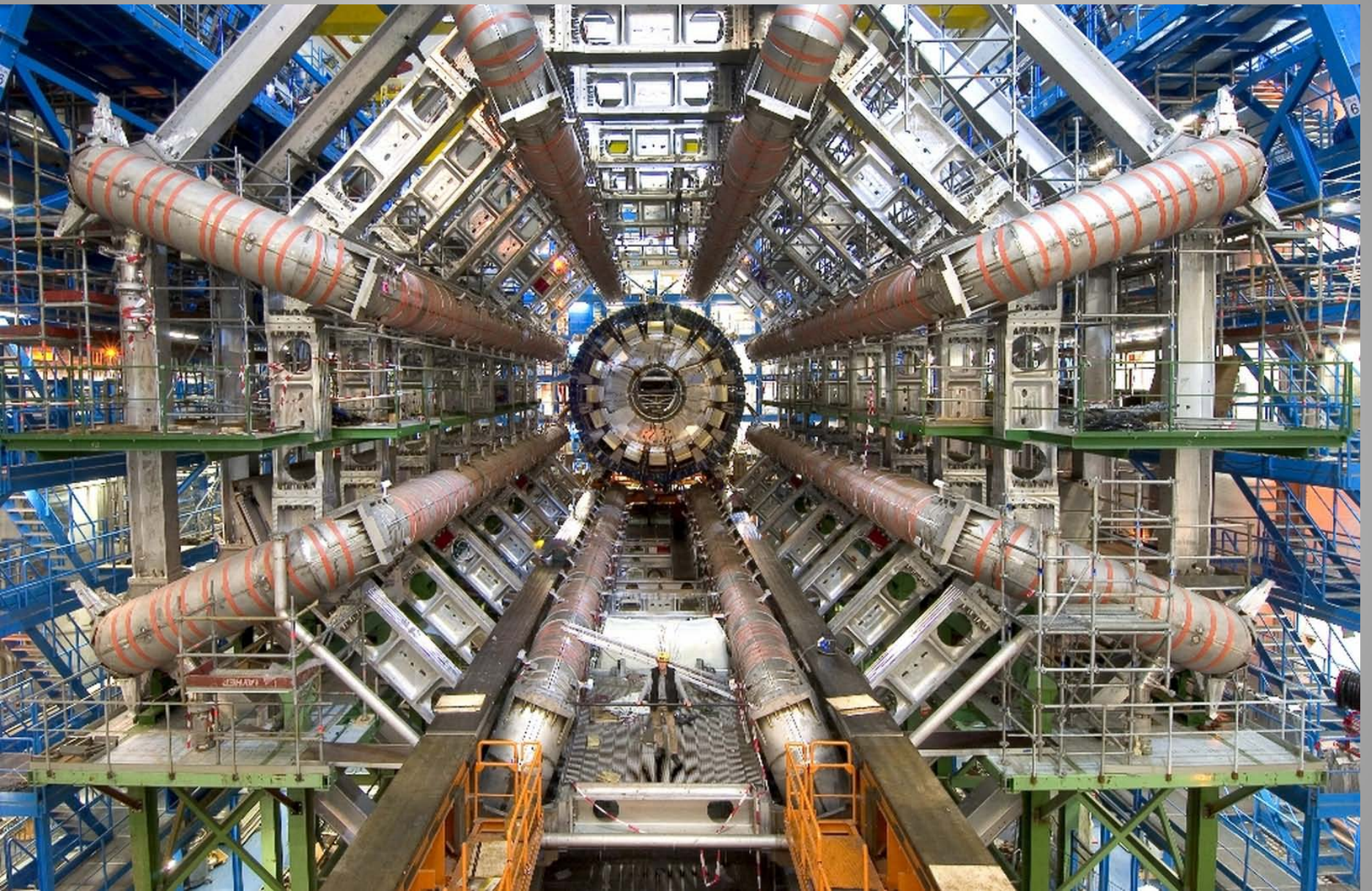






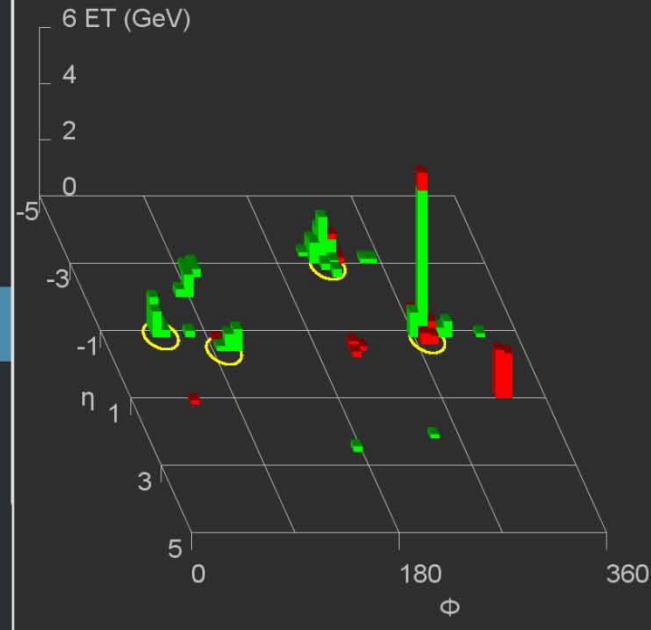
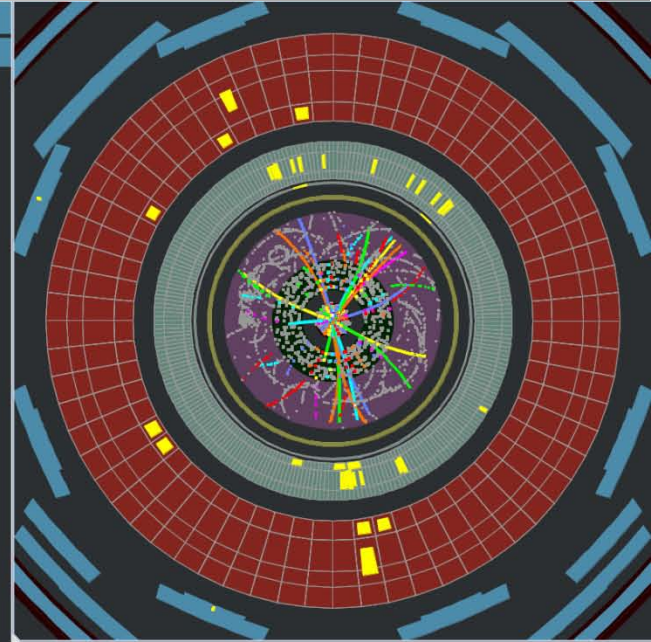
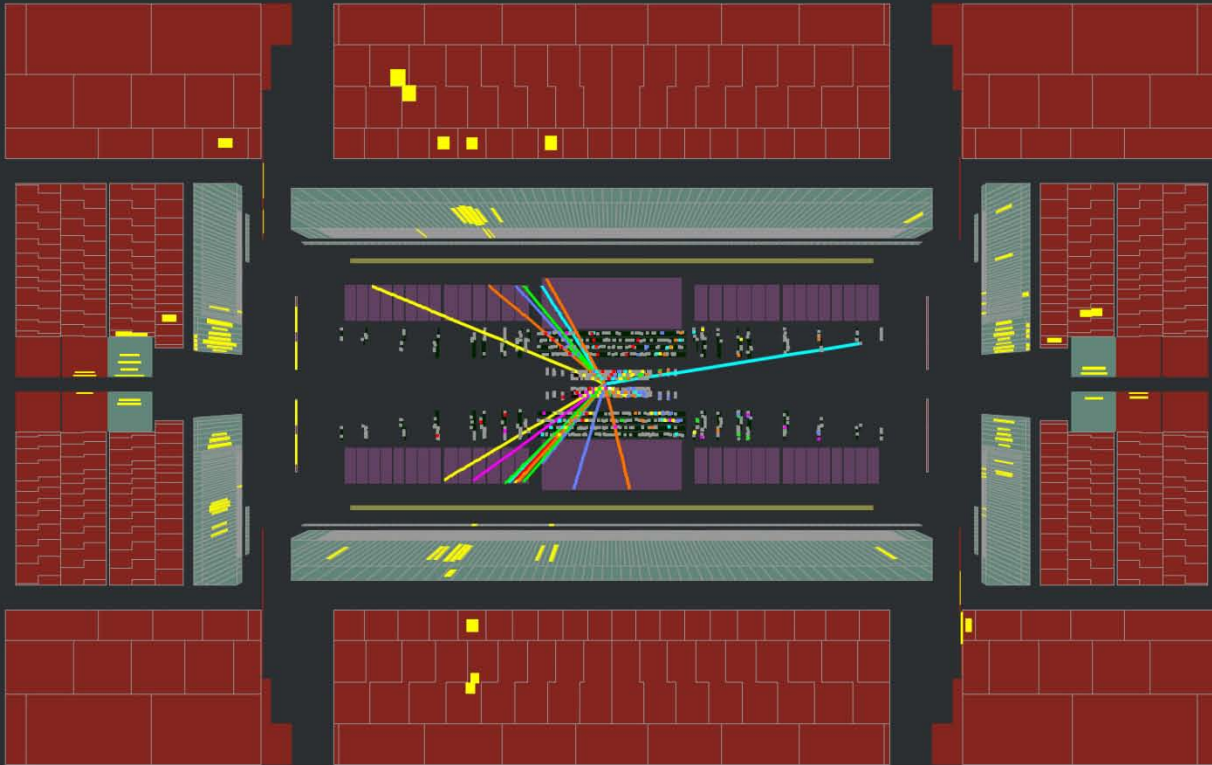
## Aparatura ATLAS

**46m délka, 25m šířka i výška, 7000 tun váha**



**Aparatura ATLAS**

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

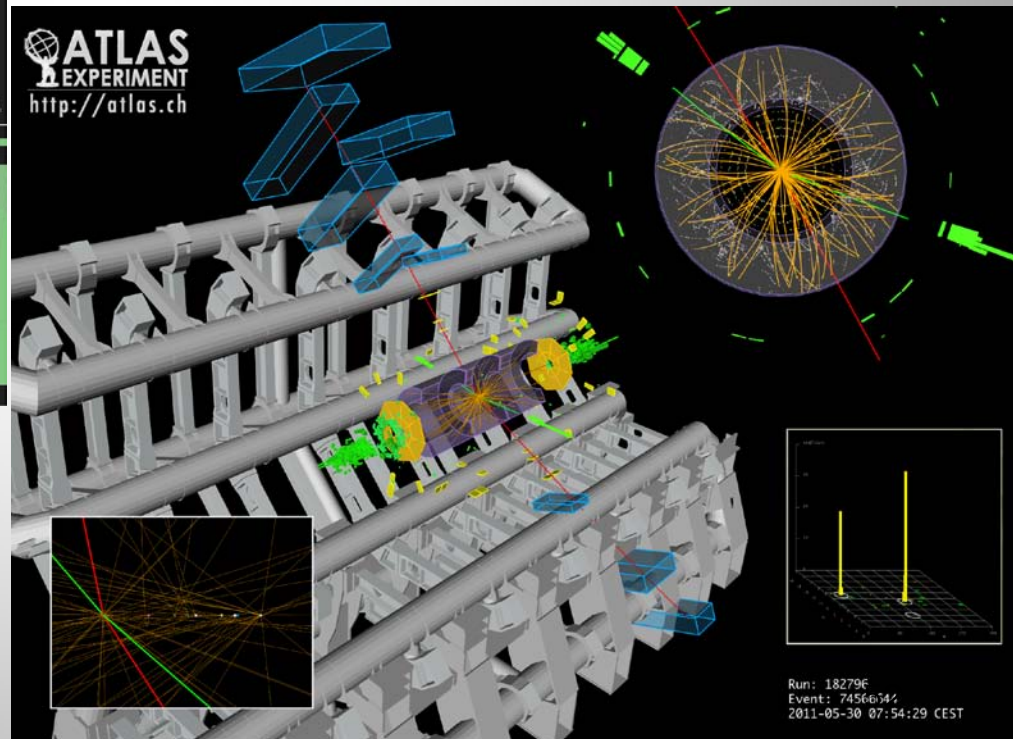
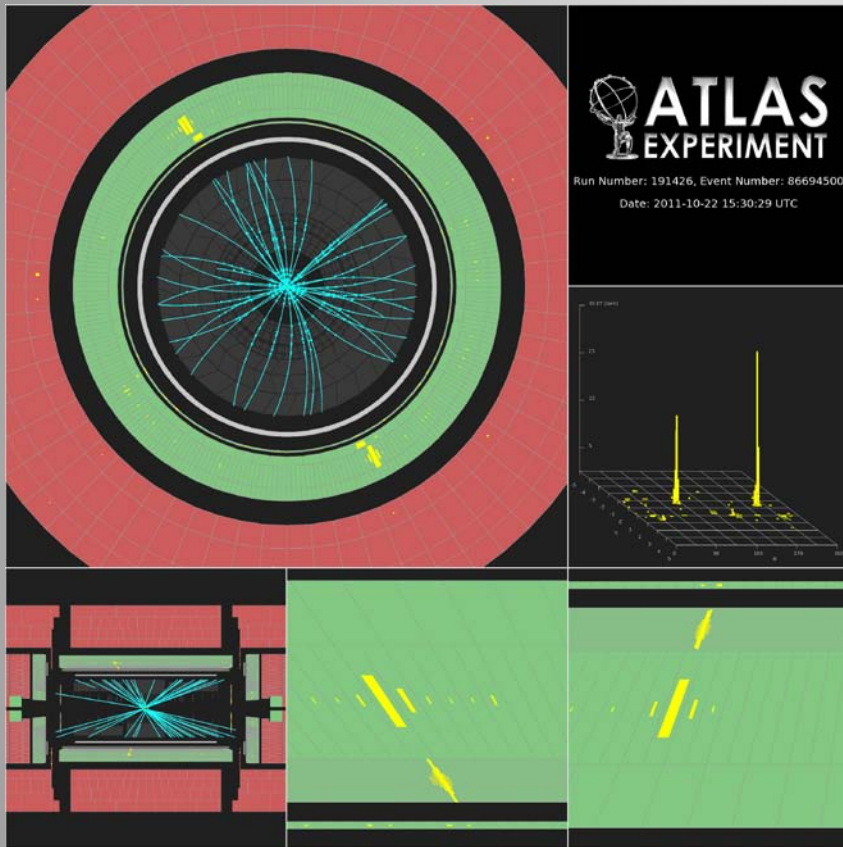


 **ATLAS**  
EXPERIMENT

**Jet Event at 2.36 TeV**  
**Collision Energy**

2009-12-14, 04:30 CET, Run 142308, Event 482137

# Jak vypadají projevy existence nového bosonu v aparatuře ATLAS



# TENEZ - Chotěboř

---

V roce 2005 byla pro aparaturu ALICE v kooperaci s firmou TENEZ Chotěboř dokončena výroba nosné konstrukce, na níž bude spočívat soustava krystalů k detekci fotonů.



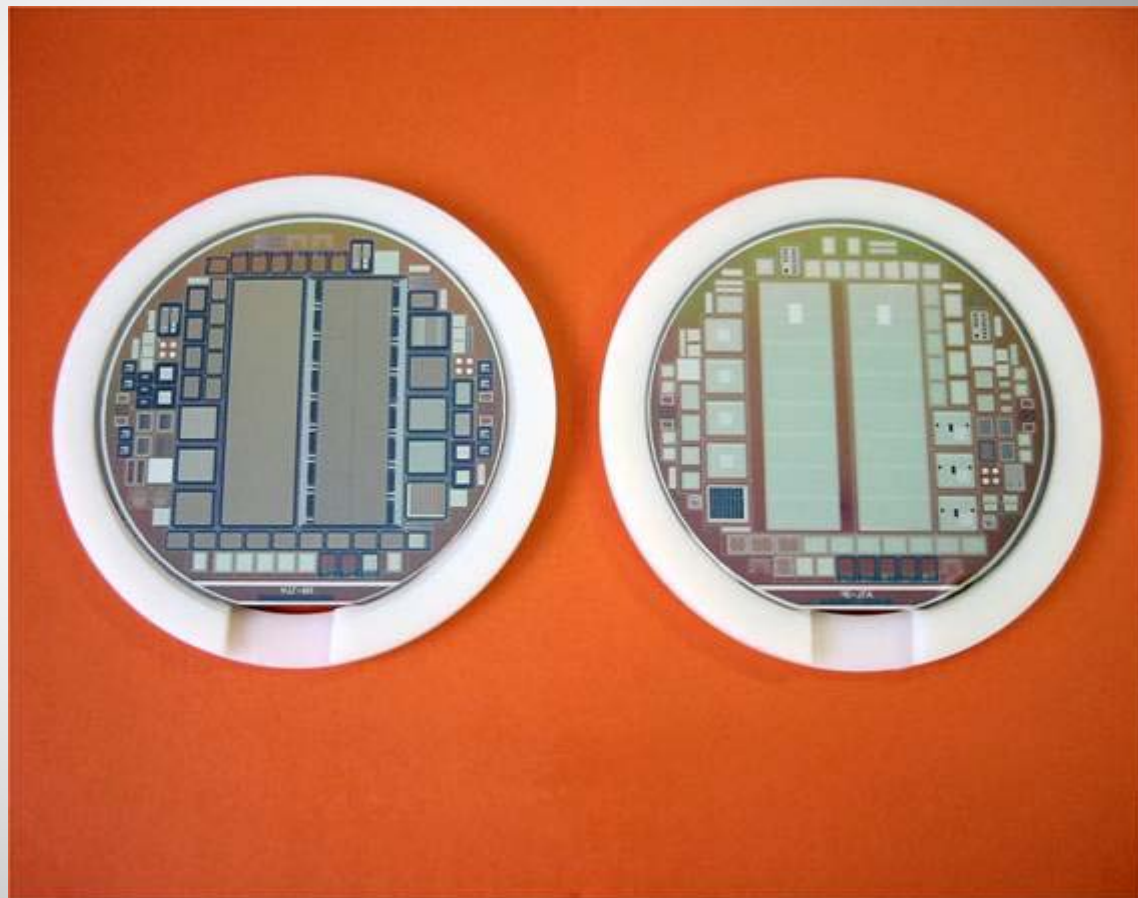
# TENEZ v CERN



# ON Semiconductor, Rožnov p. Radhoštěm (dříve Tesla SEZAM)

---

Tato firma vyrobila  
pro ATLAS asi  
polovinu z celkové  
potřeby pixelových  
detektorů.



# Další díly pro ATLAS z ČR

Stínící bloky ze železa a polyethylenu

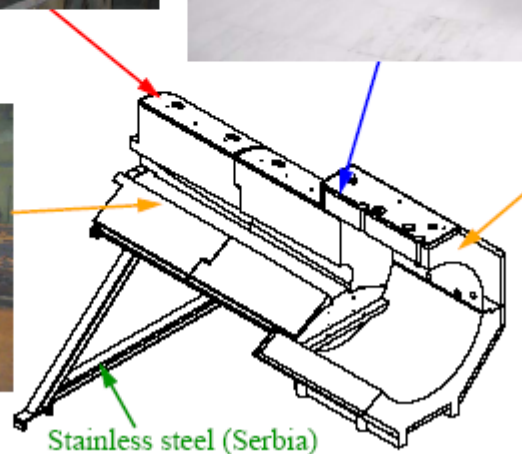
## The Forward Shielding - JF

Polyethylene + H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (Czech rep.)

Steel plates (Czech rep.)



Ductile Cast Iron (Czech rep.)



Ductile Cast Iron





# Stínění

---

litinový  
odlitek  
(opracovaný)  
horní válcová  
část stínění  
ATLAS  
hmotnost asi  
90 tun



# Sestava odlitků pro ATLAS

---

Válcová část  
stínění ATLAS,  
odlitky před  
dokončením.

Hmotnost 280  
tun



# Dodavatelé dílů pro stínění

---

Škoda hutě - Plzeň

Tranza – Chrudim

Kopos – Kolín

Rádl - Plzeň (doprava těžkých nákladů)

Celková zakázka za **60mil. Kč.**

---

# Projekt TOTEM

---

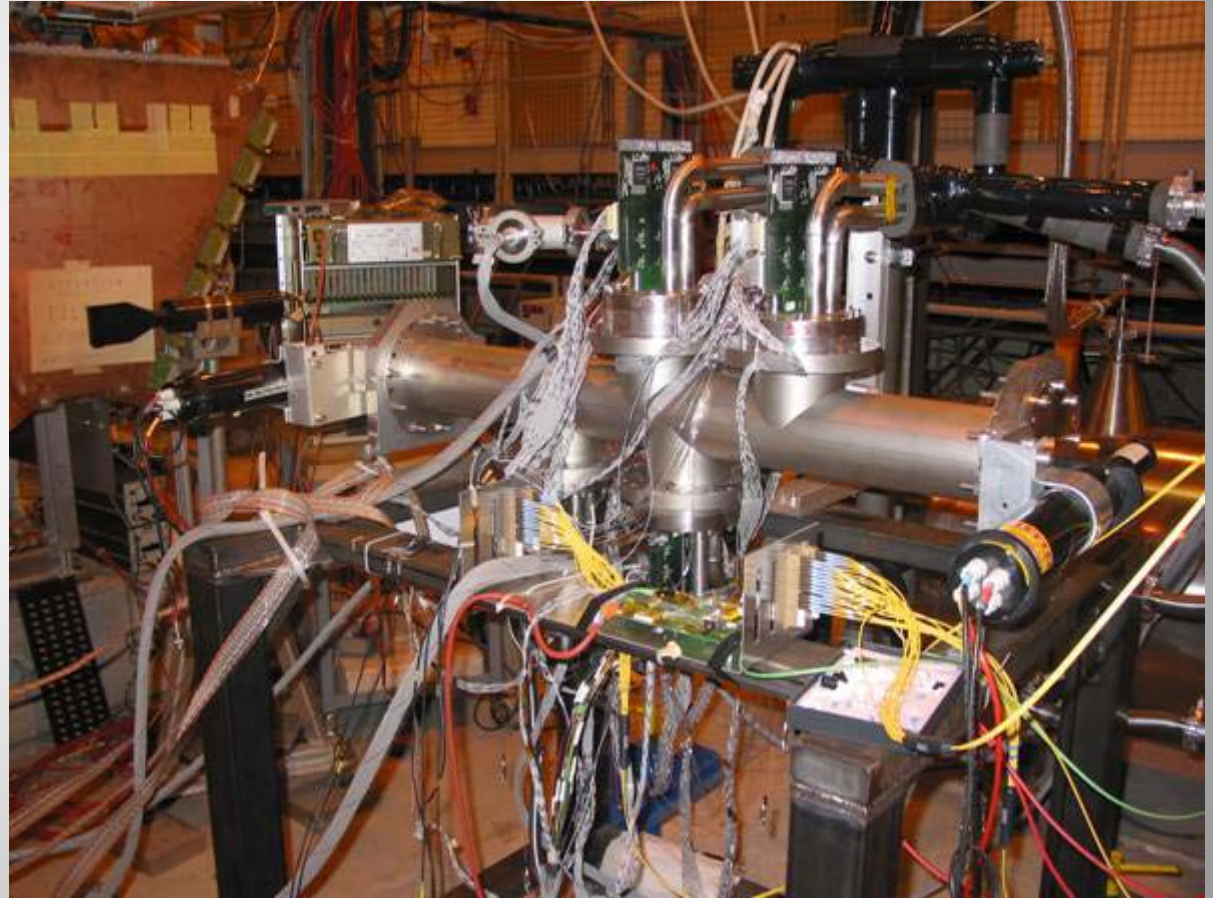
**Ve firmě  
Vakuum Praha  
byly zhotoveny  
komponenty k  
detektorům –  
„římským  
hrncům“.**



# Vakuum Praha v CERN

---

Testování  
výrobku v  
CERN



# Závěr a shrnutí

- ❑ Cílem spolupráce s CERN je účast ve společném prestižním výzkumném programu, jehož motivem je nalezení univerzálních fundamentálních zákonů mikrosvěta.
- ❑ Nové poznatky formují i chápání vzniku a vývoje vesmíru. Jedná se o experimentální výzkum, který využívá nejmodernější špičková technologická řešení a zpětně stimuluje jejich další vývoj.
- ❑ Technologie vyvinuté pro potřeby CERN nacházejí uplatnění i v dalších odvětvích (WWW).
- ❑ Odborníci (technici, inženýři) se zkušenostmi z CERN nacházejí skvělá uplatnění i v dalších oborech.

**Děkuji za pozornost!**