

# Spolupráca s CERN-om

60 rokov Katedry jadrovej a subjadrovej fyziky



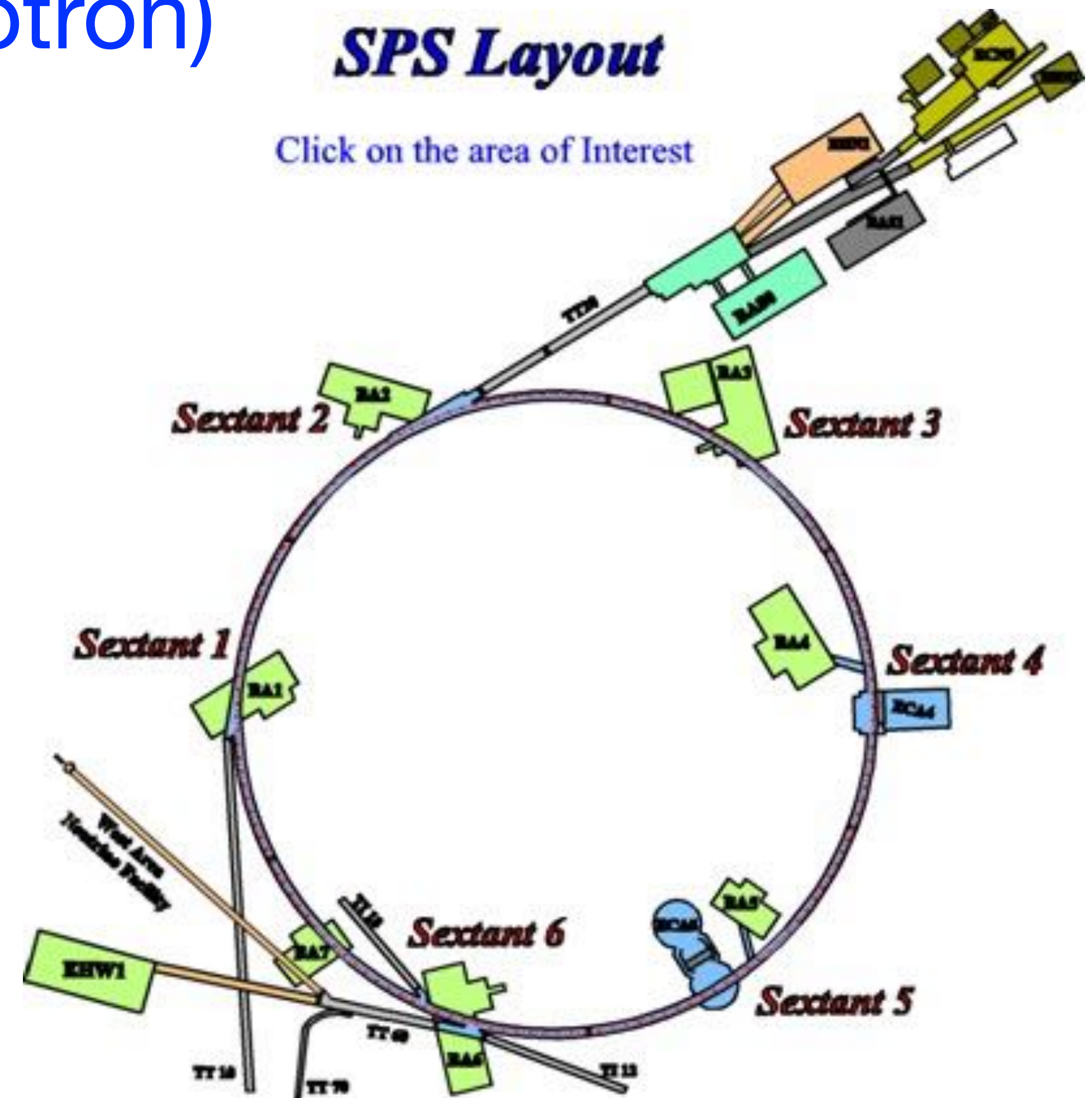
Katedra jadrovej  
a subjadrovej fyziky



Marek Bombara, 27. 11. 2024

# SPS (Super Proton Synchrotron)

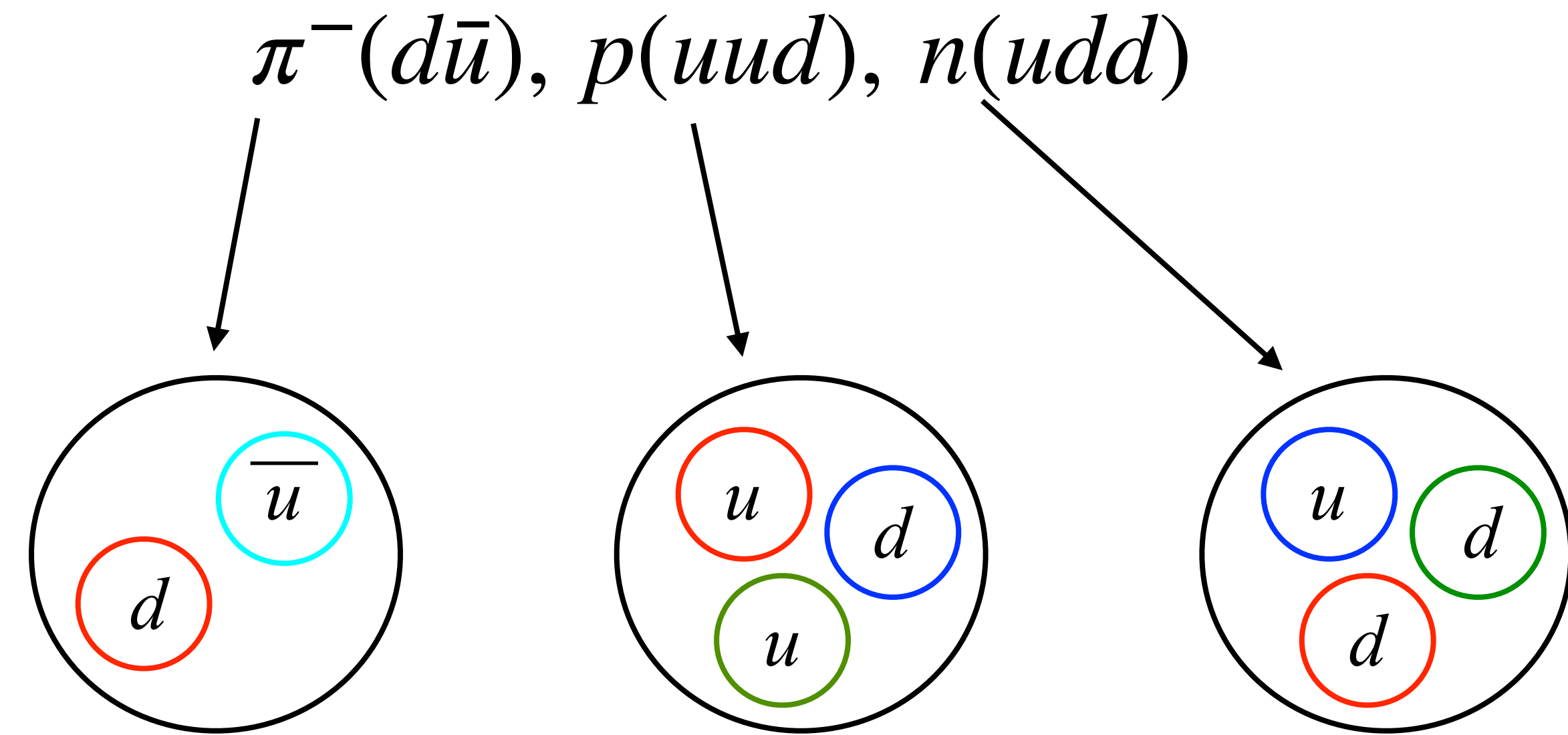
- \* program s ťažkými iónmi (t.j. urýchľovali sa ťažké atómové jadrá zbavené elektrónov) - 90-te roky
- \* rôzne zrážkové systémy (p-Be, p-Pb, S-W, Pb-Pb) pri rôznych energiách (8 a 17 GeV), všetko experimenty s pevným terčikom
- \* prvá slovenská účasť v CERN (experimenty: Helios, NA49, WA94, WA97/NA57)



# Hadróny

Tabuľka fundamentálnych častíc:

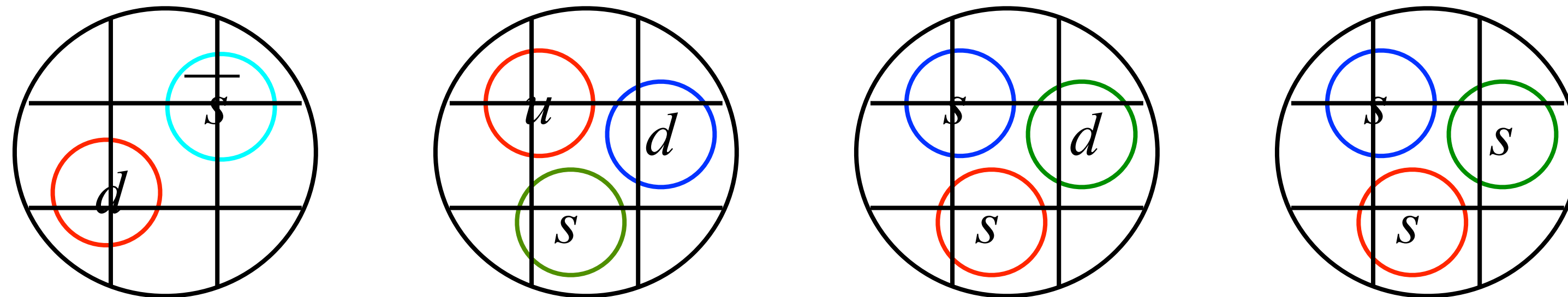
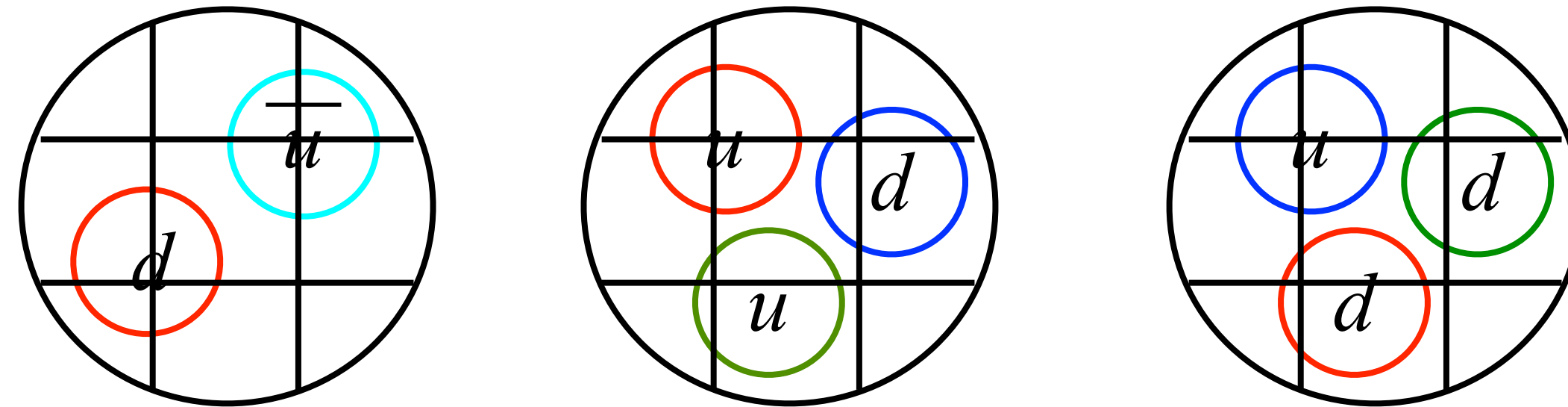
mass →	≈2.3 MeV/c <sup>2</sup>	≈1.27e GeV/c <sup>2</sup>	≈173.07 GeV/c <sup>2</sup>	0	≈125 GeV/c <sup>2</sup>
charge →	2/3	2/3	2/3	0	0
spin →	1/2	1/2	1/2	1	0
	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon	<b>H</b> Higgs boson
<b>QUARKS</b>	≈4.8 MeV/c <sup>2</sup>	≈95 MeV/c <sup>2</sup>	≈4.18 GeV/c <sup>2</sup>	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>γ</b> photon	
	0.511 MeV/c <sup>2</sup>	105.7 MeV/c <sup>2</sup>	1.777 GeV/c <sup>2</sup>	81.2 GeV/c <sup>2</sup>	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>e</b> electron	<b>μ</b> muon	<b>τ</b> tau	<b>Z</b> Z boson	
<b>LEPTONS</b>	<2.2 eV/c <sup>2</sup>	<0.17 MeV/c <sup>2</sup>	<15.5 MeV/c <sup>2</sup>	80.4 GeV/c <sup>2</sup>	
	0	0	0	±1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>ν<sub>e</sub></b> electron neutrino	<b>ν<sub>μ</sub></b> muon neutrino	<b>ν<sub>τ</sub></b> tau neutrino	<b>W</b> W boson	
					<b>GAUGE BOSONS</b>



Hadróny sú viazané stavy kvarkov a gluónov. V súčasnosti je známych okolo 300 hadrónov.

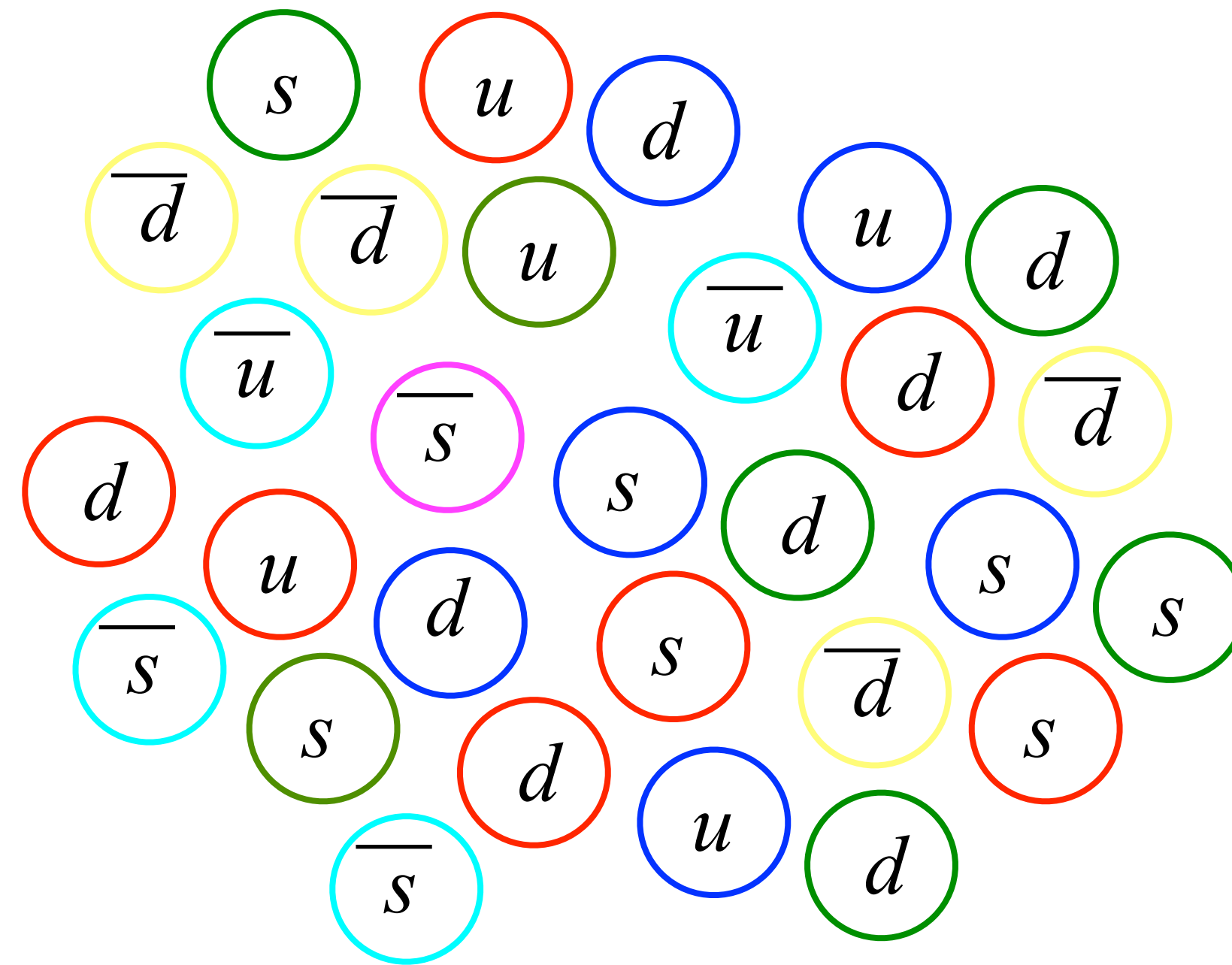


# Kvarky a gluóny sú v hadrónoch uväznené



Z hadrónového väzenia sa môžu dostať len pri extrémnych podmienkach.

# Extrémne podmienky na uvoľnenie kvarkov a gluónov z hadrónov - extrémna teplota a/alebo extrémna hustota

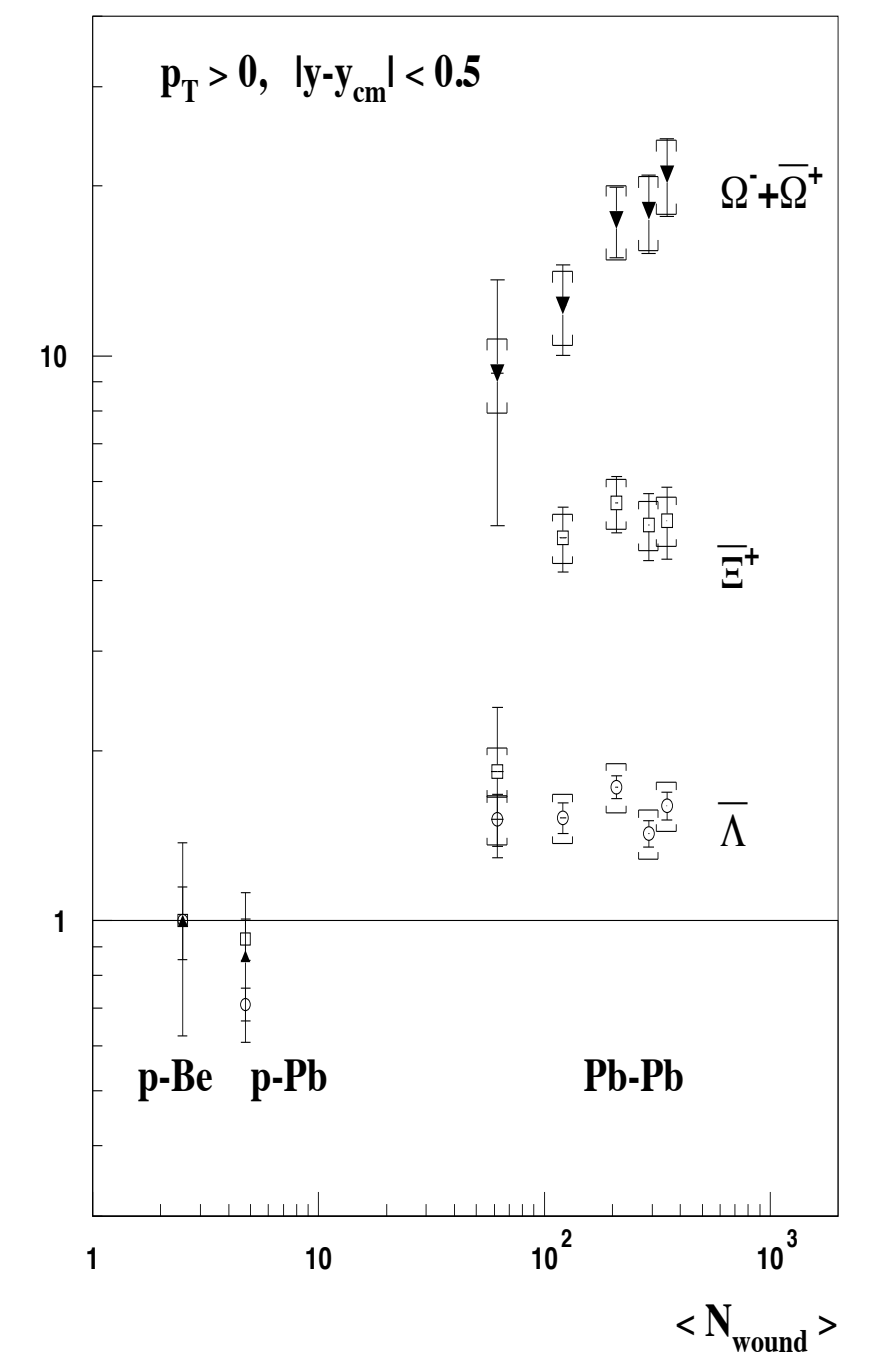
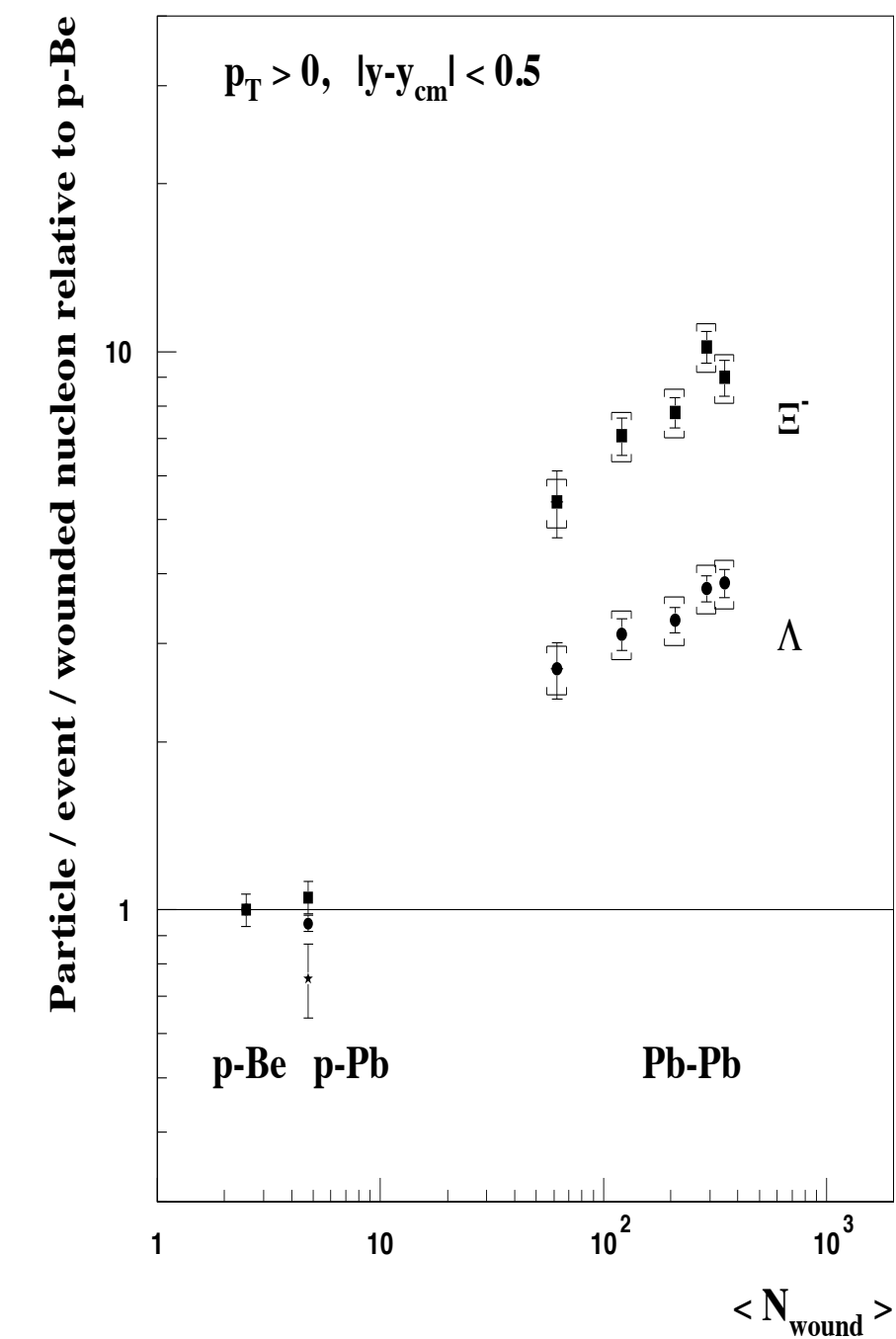
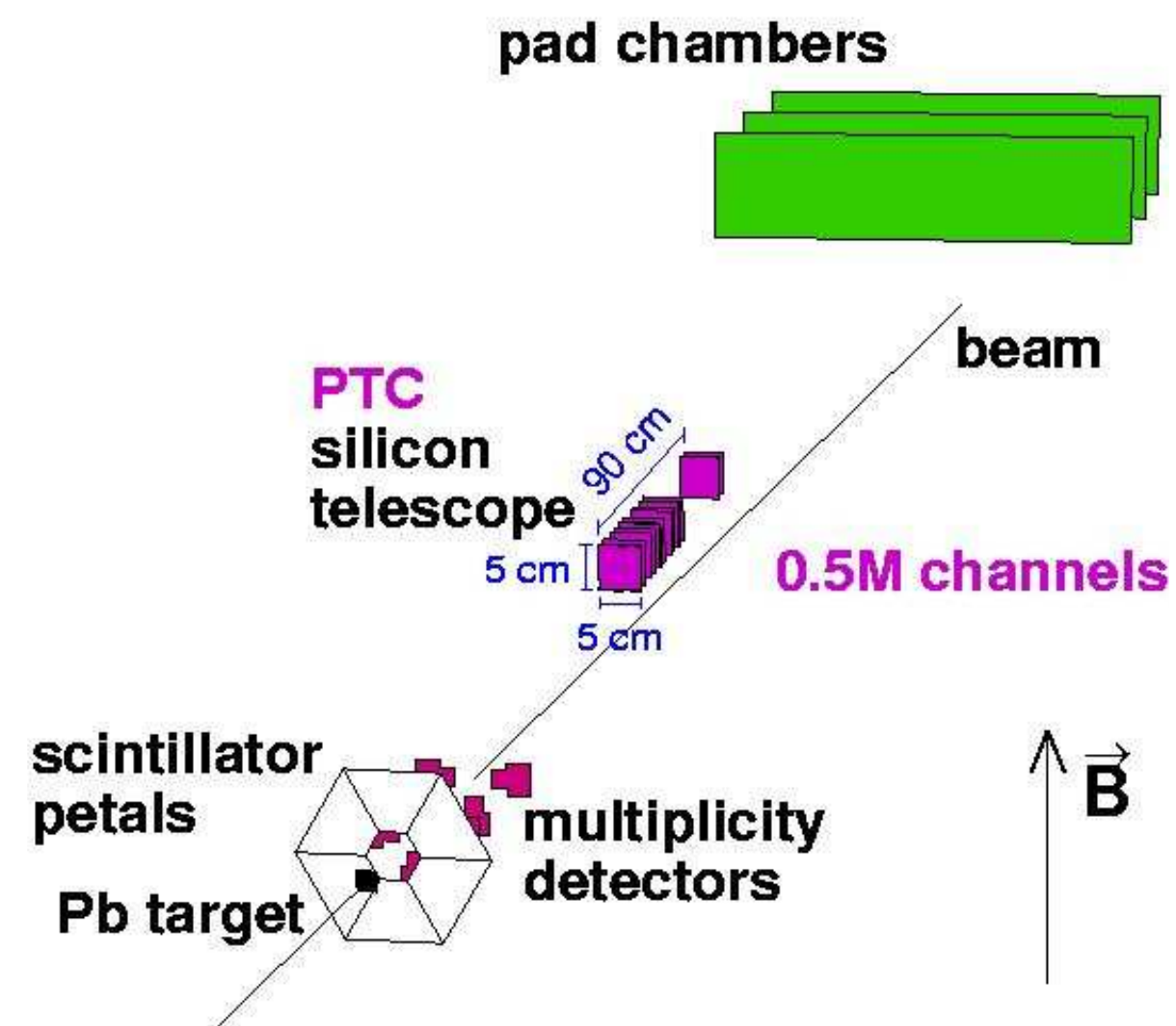


Hmota, v ktorej sú kvarky a gluóny zbavené väznenia v hadrónoch sa nazýva **kvarkovo-gluónová plazma**. Takáto hmota by sa mohla vytvoriť v zrážkach ťažkých iónov - program urýchľovača SPS v 90-tych rokoch.



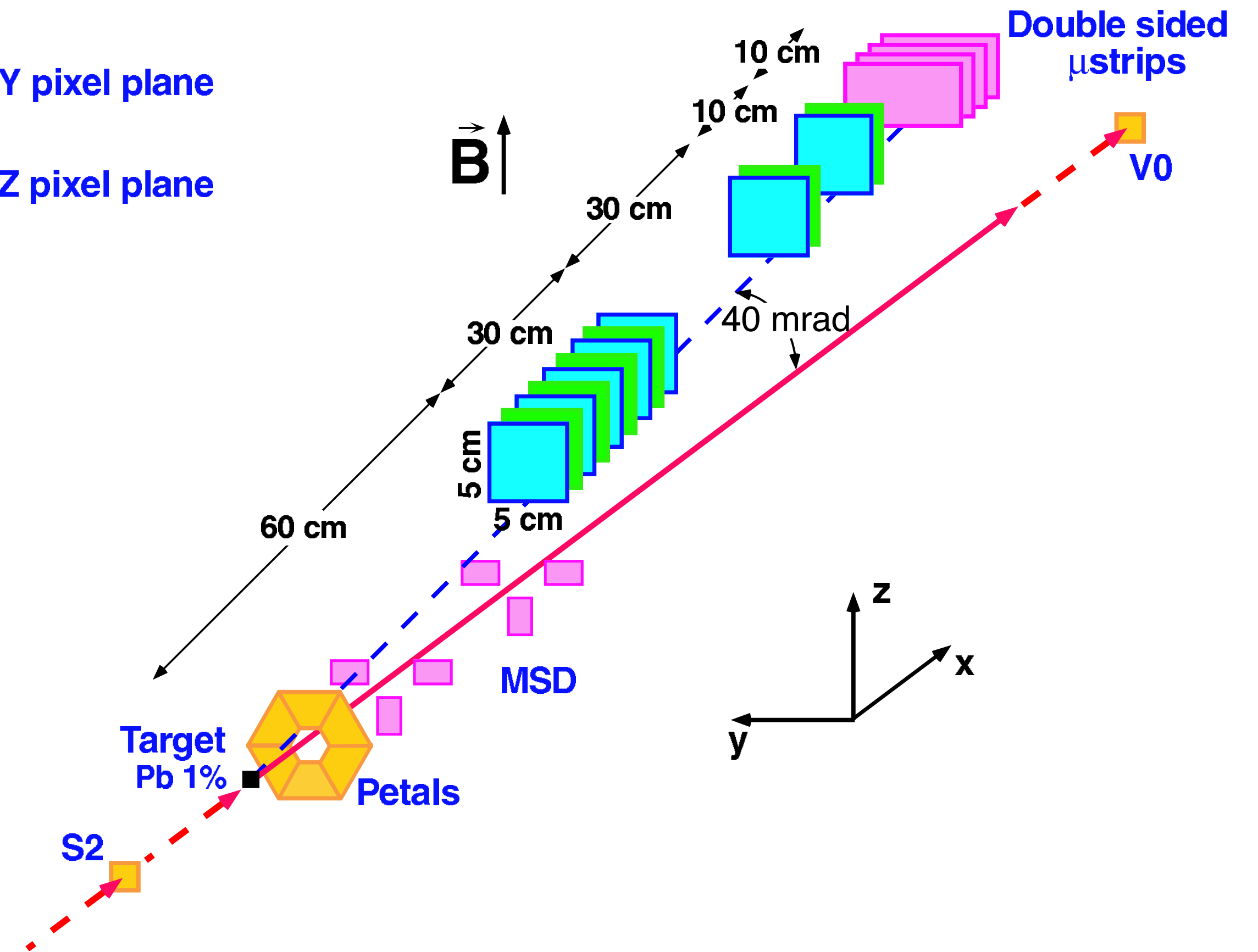
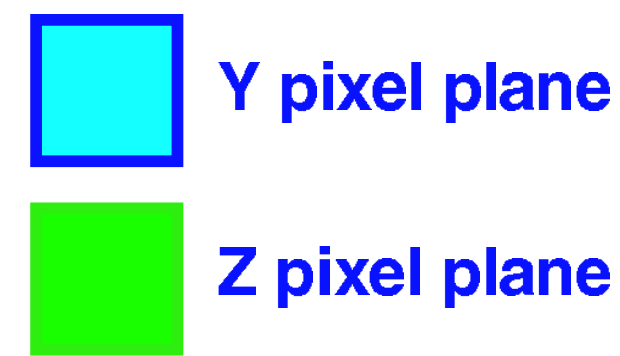
# WA94 a WA97

- Experimenty skúmajúce kvarkovo-gluónovú plazmu – WA94 (zrážky S-S) a WA97 (zrážky Pb-Pb)
- Prvé cernské experimenty s účasťou Katedry jadrovej a subjadrovej fyziky



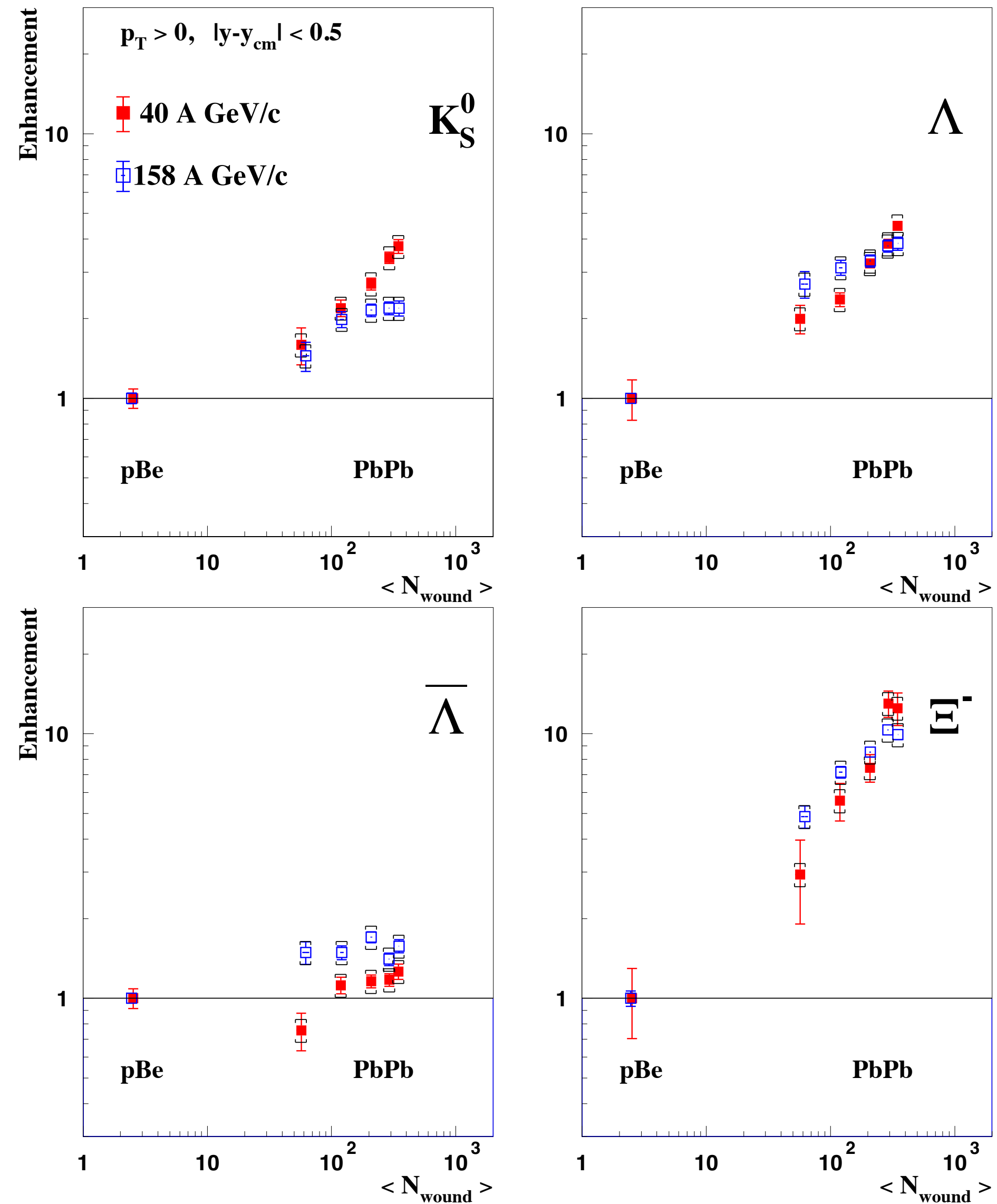


# NA57



- NA57 - rozšírené možnosti merania oproti WA97 (napr. energia zväzku)
- skúmal produkciu podivných hadrónov v zrážkach Pb-Pb, p-Pb a p-Be (spolu s predchodcom WA97 sa snažil nájsť dôkaz existencie kvarkovo-gluónovej plazmy)

# NA57



- Cena SAV za výsledky v experimentoch WA97 a NA57 v júni 2002 (presnejšie: Ceny SAV v oblasti medzinárodnej spolupráce kolektívu pracovníkov ÚEF SAV, PF UPJŠ a FMFI UK v zložení: L. Šándor, A. Jusko, I. Králik, K. Šafařík (ÚEF SAV), **J. Urbán** (PF UPJŠ) a R. Lietava (FMFI UK))

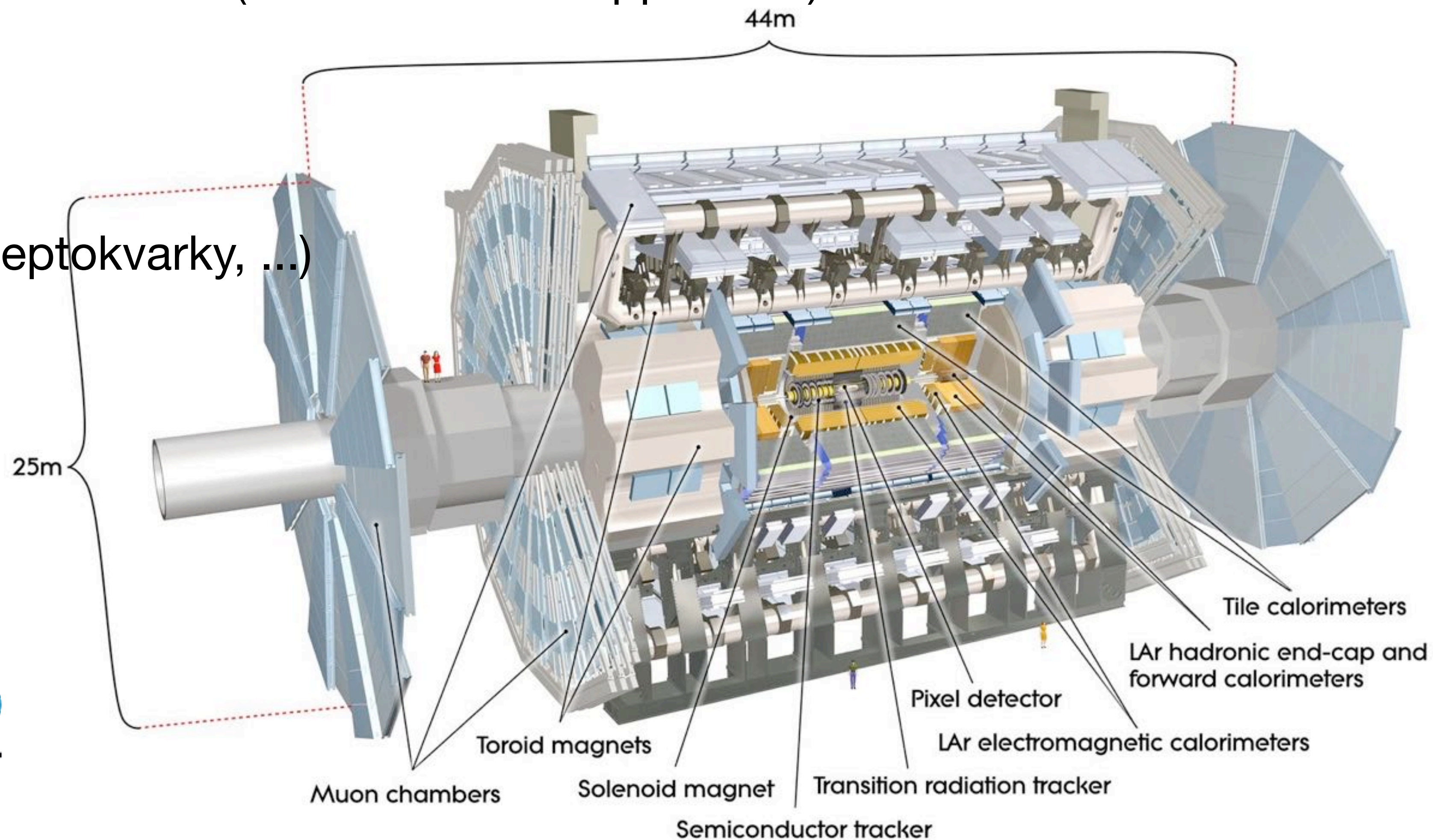




# Experiment ATLAS

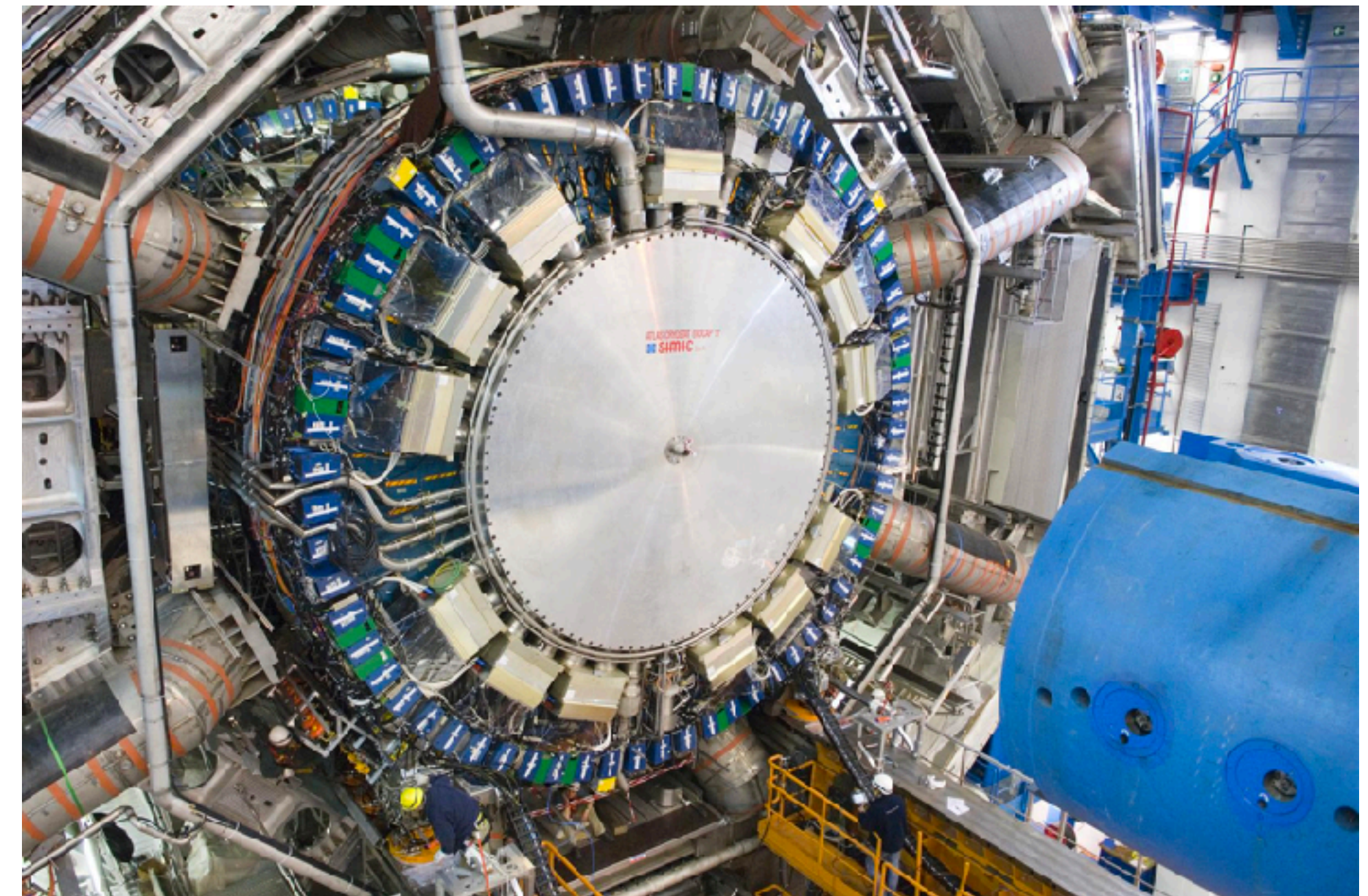
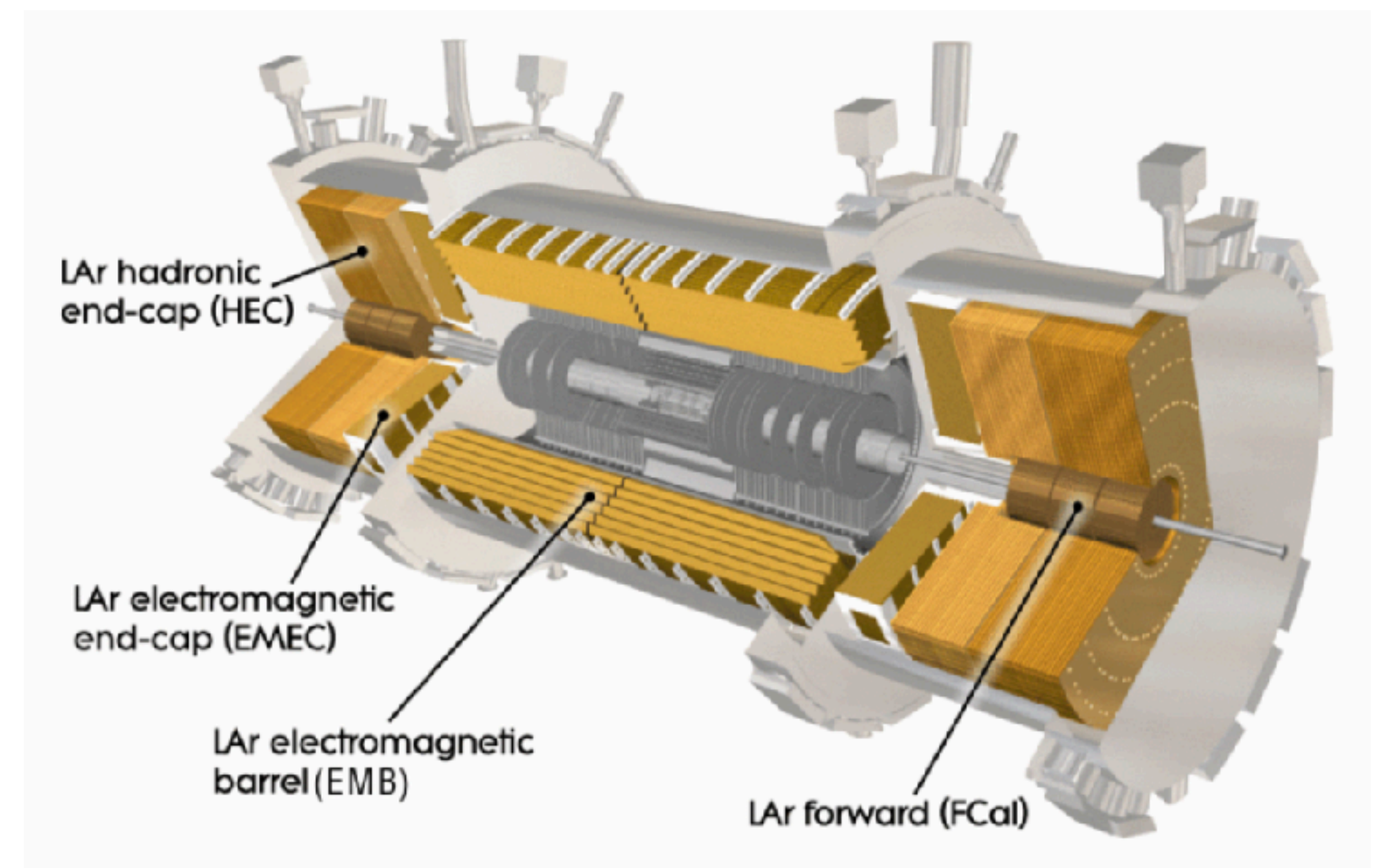
Fyzikálny program experimentu ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS):

- \* Štandardný model
- \* Higgsov bozón
- \* Supersymetria
- \* Exotika (extra dimenzie, leptokvarky, ...)
- \* Ťažké ióny



# Košický príspevok k experimentu ATLAS

- **ÚEF SAV** - zakladajúci člen (spolu s FMFI UK) od 1994, využité skúsenosti z kalorimetrie v H1 (DESY, Hamburg)
- súčasťou kolektívu v minulosti aj pracovníci KJaSF (**J. Urbán, P. Murín, F. Sopková**)
- fyzikálna analýza sa zameriava hlavne na štúdium vlastností top kvarkov (J. Antoš, P. Stríženeč, **J. Urbán, D. Bruncko, F. Sopková**).

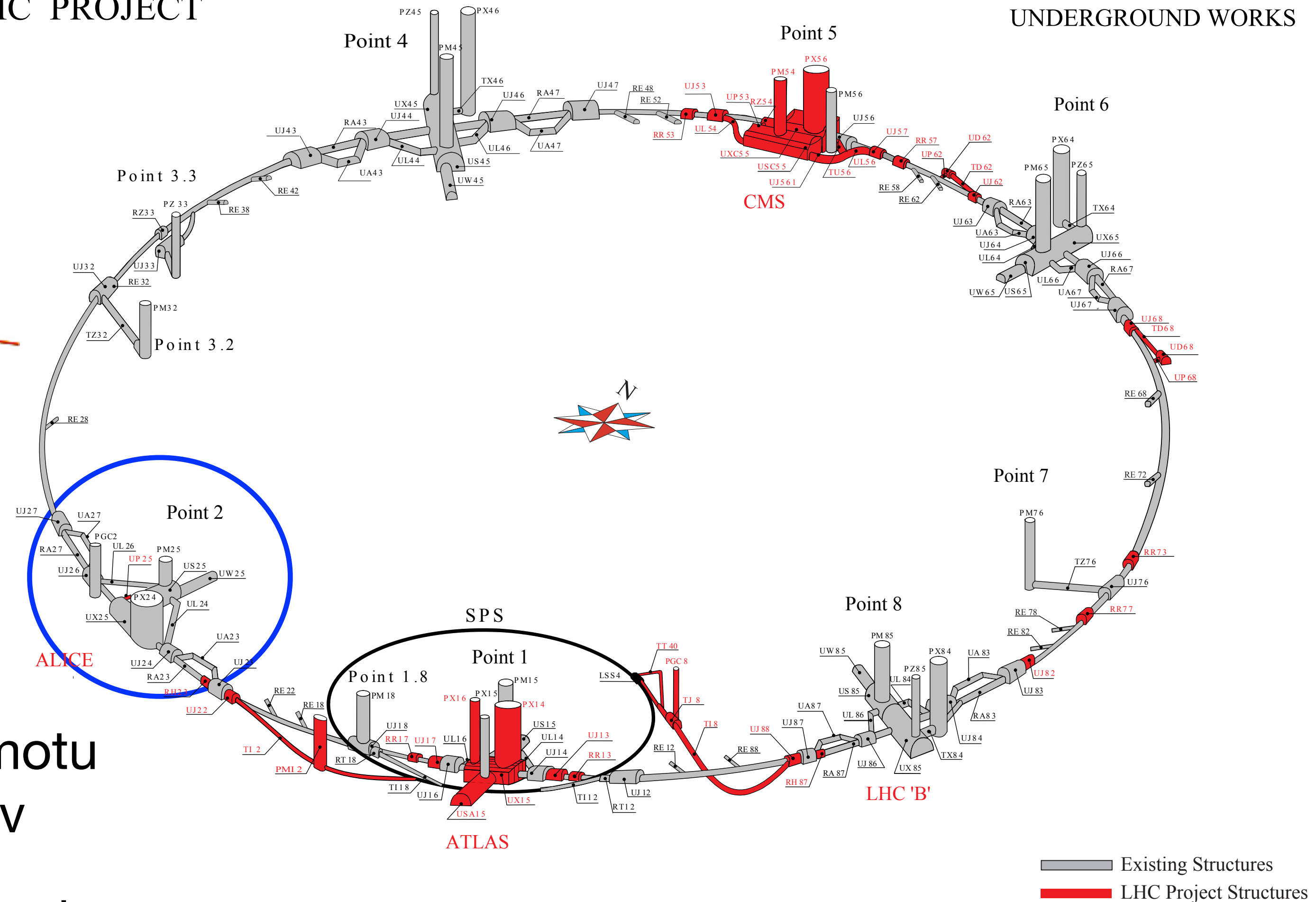
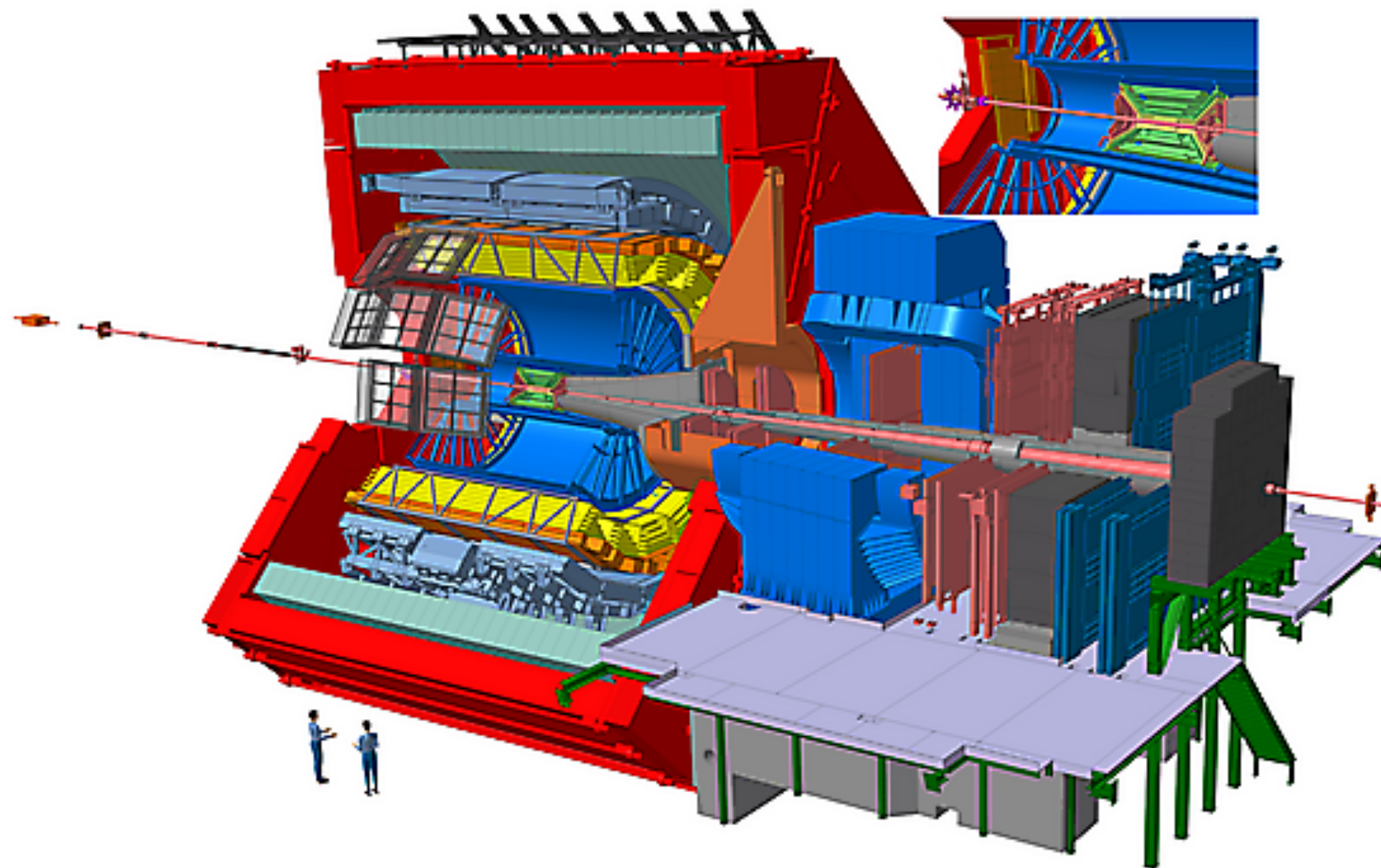


# Experiment ALICE (A Large Ion Collider Experiment)

## na LHC

LHC PROJECT

UNDERGROUND WORKS



- študuje horúcu a hustú jadrovú hmotu produkovanú v zrážkach ťažkých iónov
- významná časť fyzikálneho programu je štúdium pp a p-Pb zrážok



# Prečo študujeme zrážky ťažkých iónov?

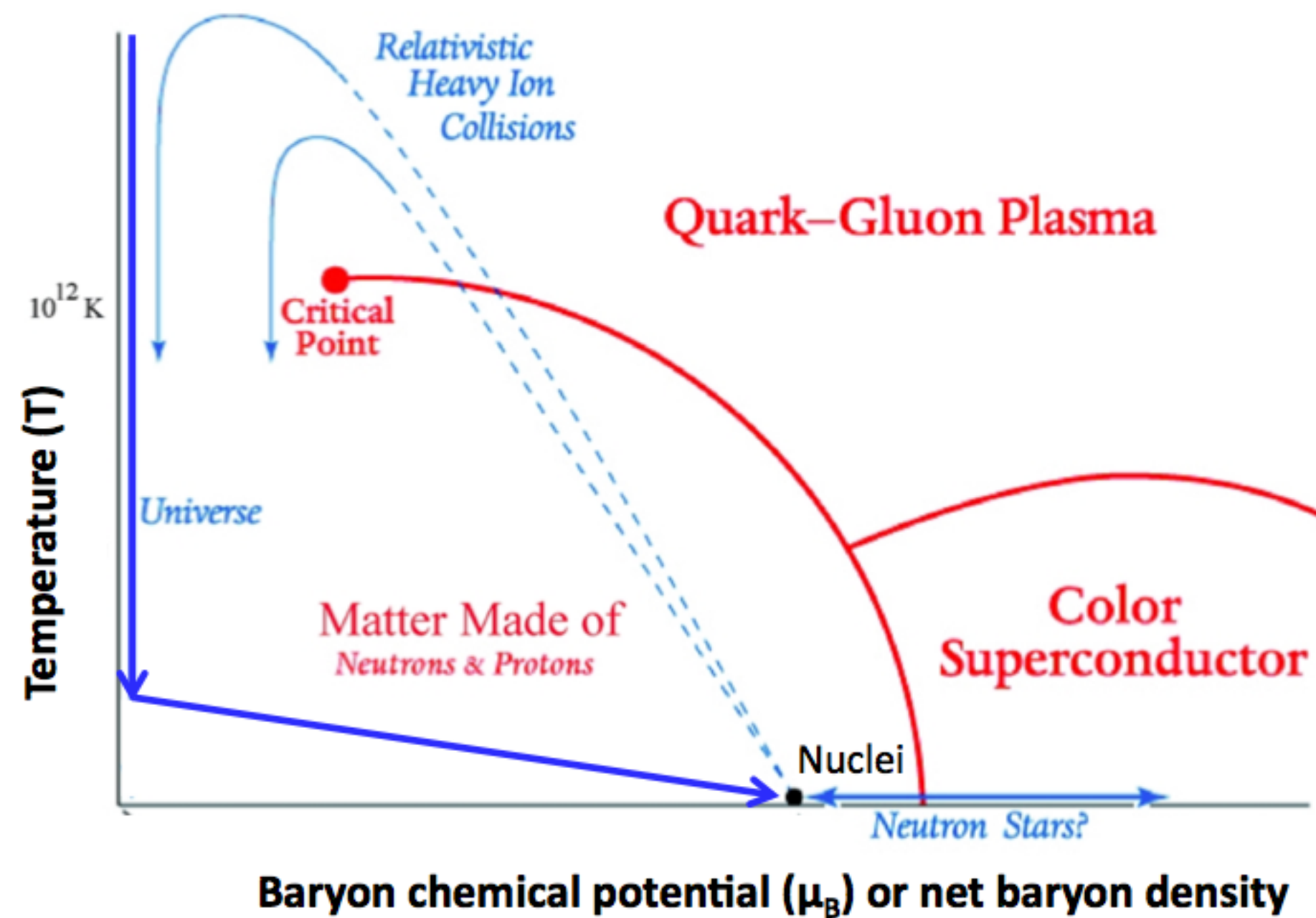
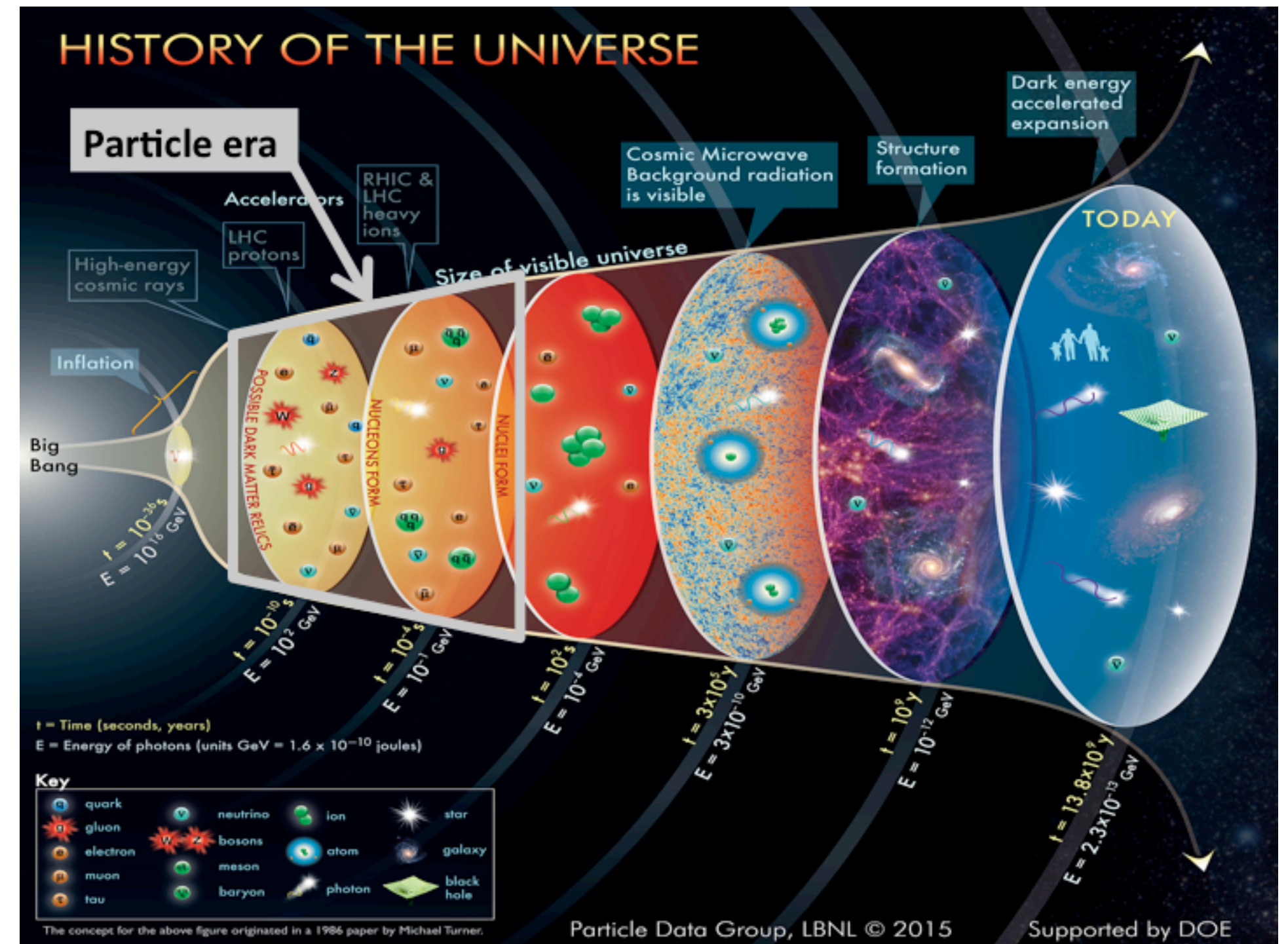


Fig: <http://inspirehep.net/record/1397855/plots>

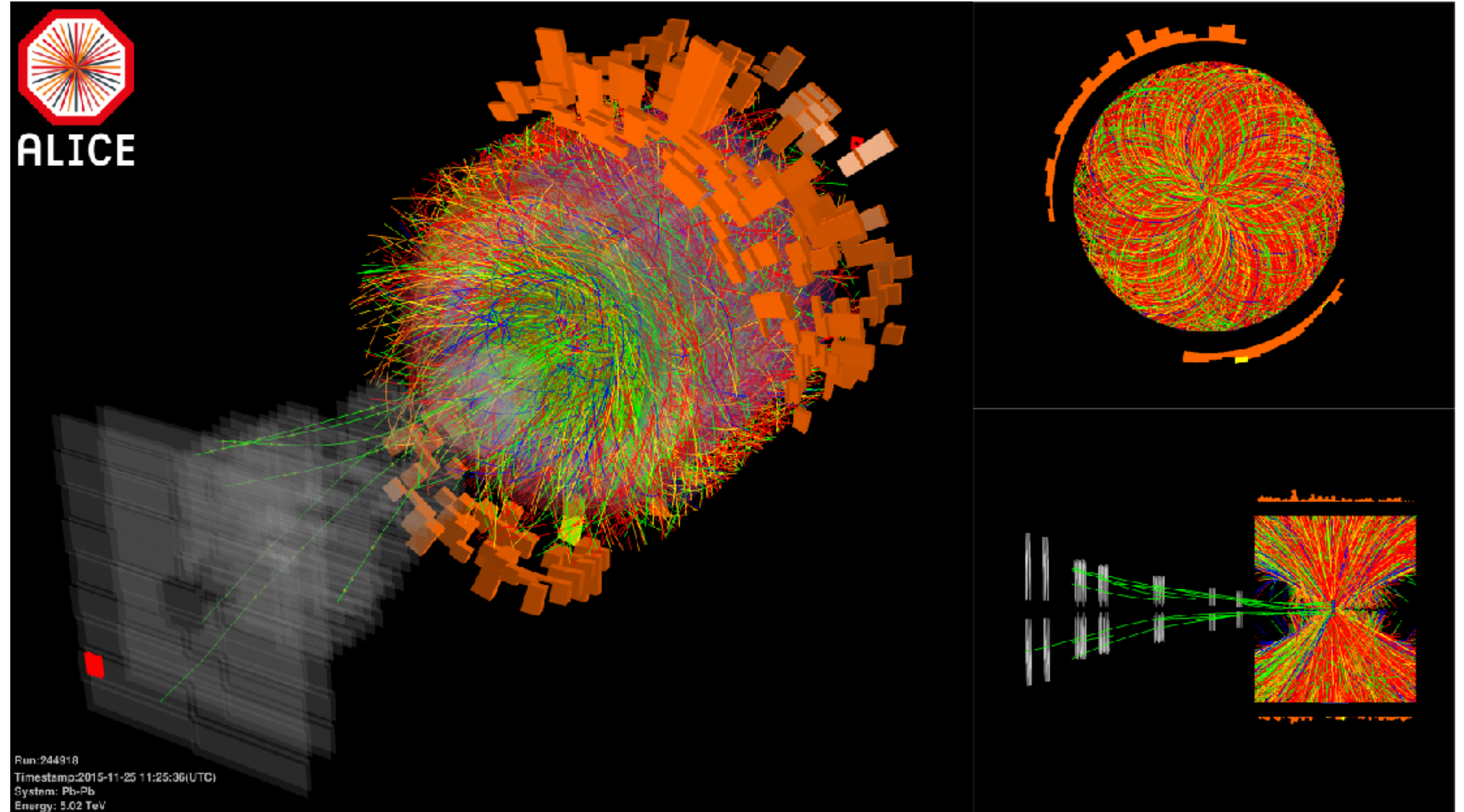
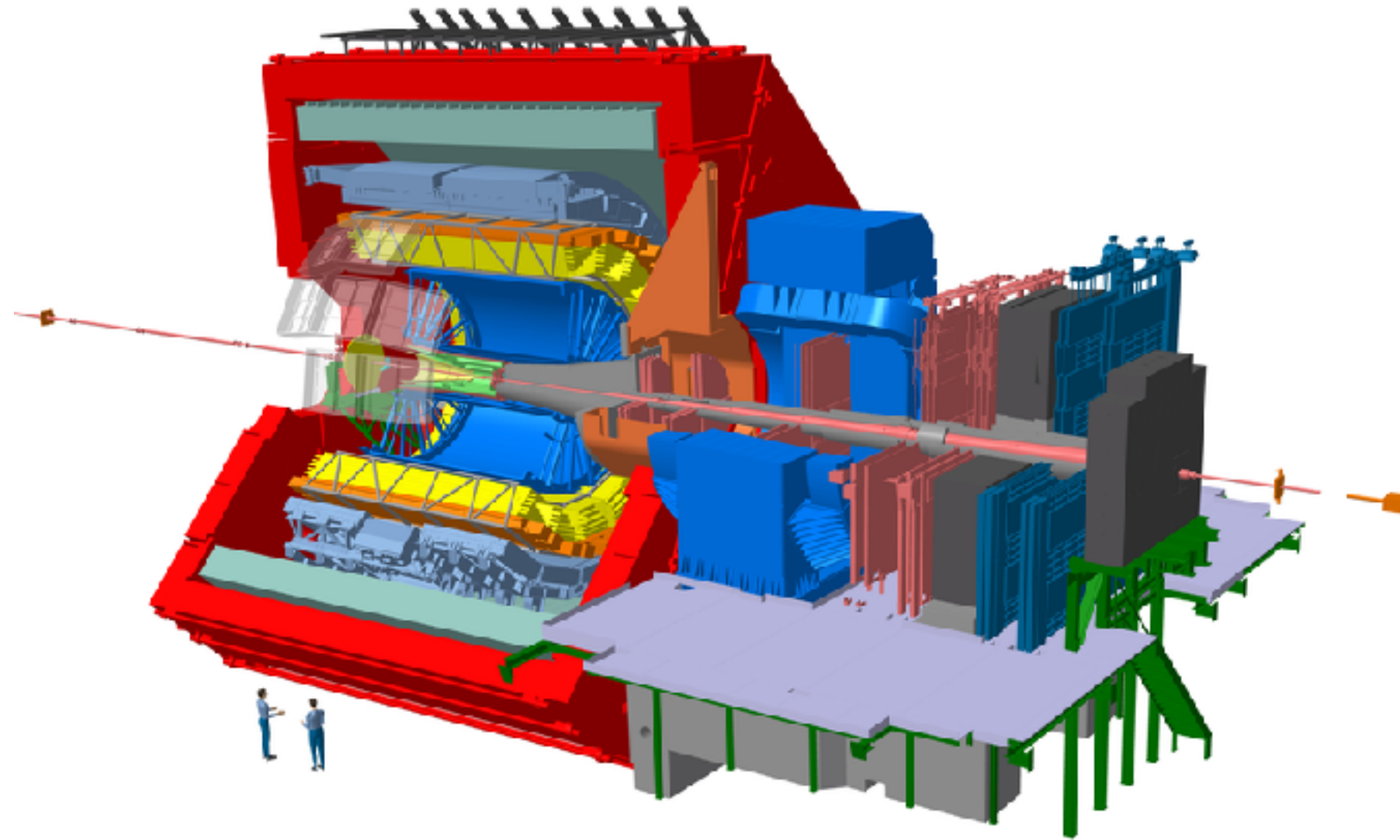
- aby sme porozumeli fázovému diagramu QCD



- jedinečná príležitosť na štúdium podmienok Veľkého tresku v laboratóriu



# ALICE - officially amazing



OFFICIALLY  AMAZING

EXPLORE RECORDS

SET A RECORD

**Highest man-made temperature**

On 13 August 2012 scientists at CERN's Large Hadron Collider, Geneva, Switzerland, announced that they had achieved temperatures of over 5 trillion K and perhaps as high as 5.5 trillion K. The team had been using the ALICE experiment to smash together lead ions at 99% of the speed of light to create a quark gluon plasma – an exotic state of matter believed to have filled the universe just after the Big Bang.

# Príspevok KJaSF do experimentu ALICE



**Trigger systém** (elektronika, ktorá ako prvá rozhoduje o prijatí fyzikálnej zrážky na ďalšie spracovanie)



# Príspevok KJaSF do experimentu ALICE



**Trigger systém** (elektronika, ktorá ako prvá rozhoduje o prijatí fyzikálnej zrážky na ďalšie spracovanie)

- veľmi úzka spolupráca s University of Birmingham



# Príspevok KJaSF do experimentu ALICE

**Trigger systém** (elektronika, ktorá ako prvá rozhoduje o prijatí fyzikálnej zrážky na ďalšie spracovanie)

- veľmi úzka spolupráca s University of Birmingham
- implementácia trigger softvéru do analyzačného frameworku ALICE pre Run 2 (R. Lietava, **M. Bombara**)
- monitorovanie (kontrola kvality) trigger systému pre Run 2 (**M. Bombara**) a Run 3 (**M. Val'a, L. A. Tarasovičová**)



# Príspevok KJaSF do experimentu ALICE

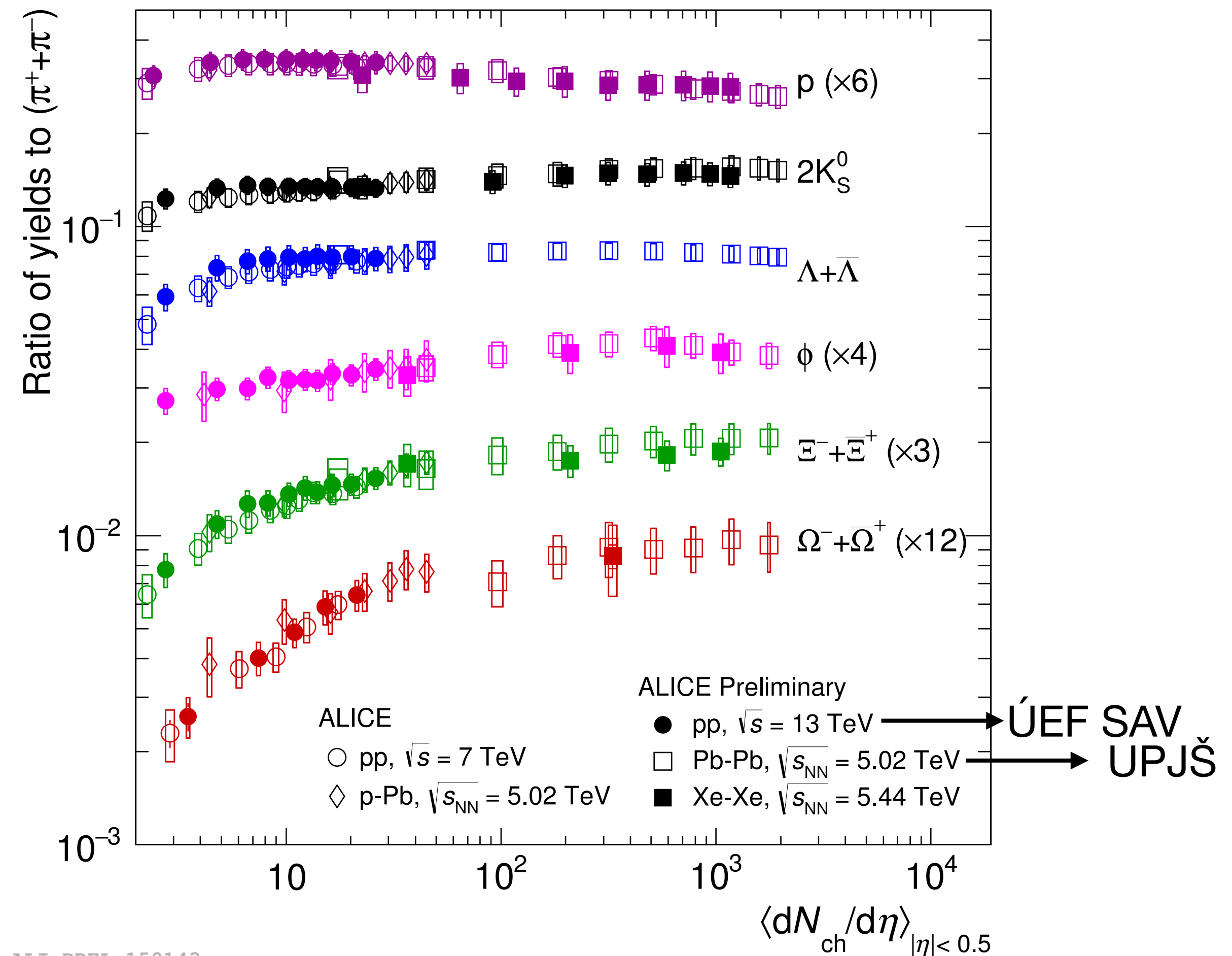
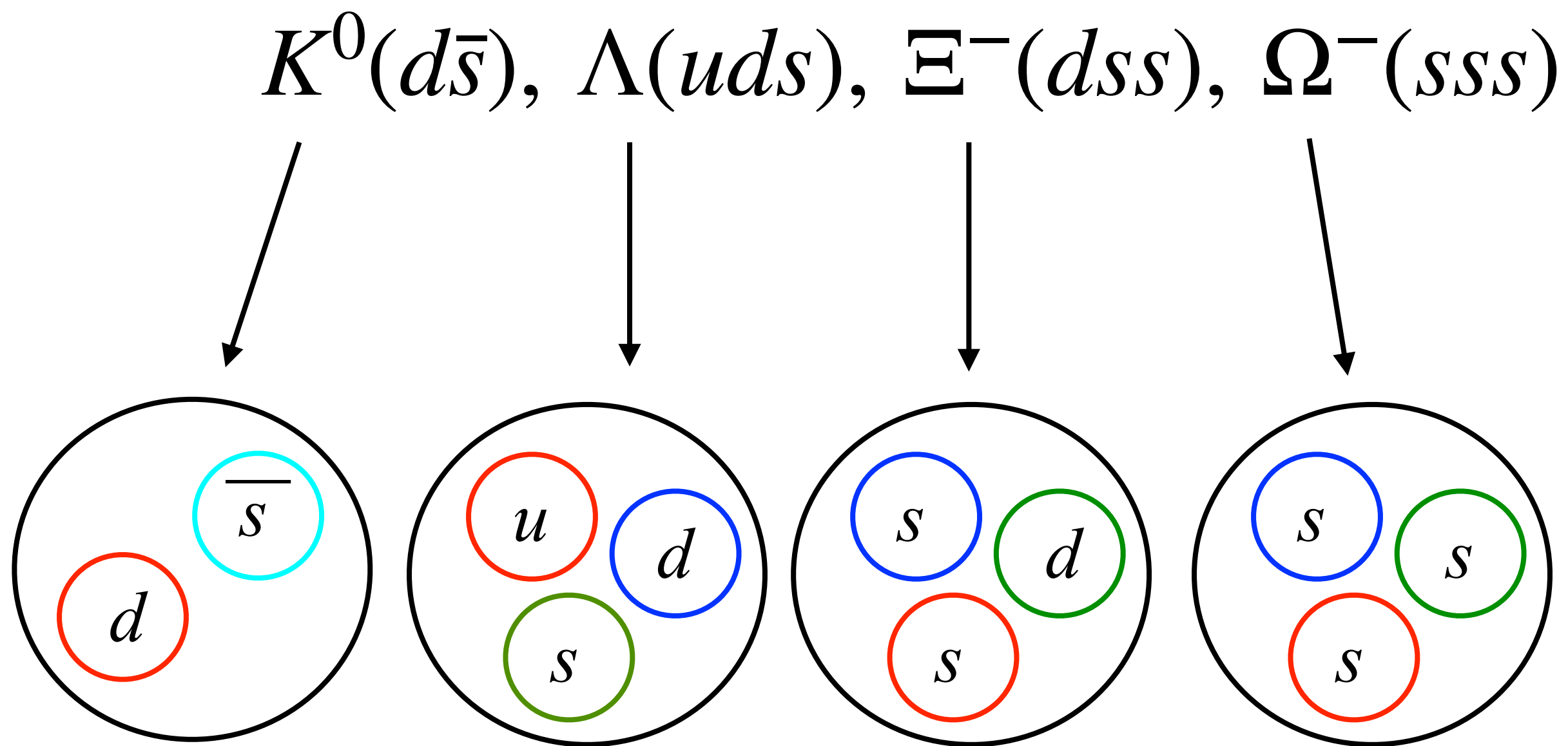
**Zber dát** (povinné 6 dňové bloky 8 hodinových smien v kontrolnej miestnosti experimentu ALICE)

- Shifteri CTP a ECS v Run 1 (**J. Vrláková, A. Kravčáková, M. Bombara**)
- On-call CTP experti pre Run 2 a Run 3 (**M. Val'a, I. Ahuja, L. Tropp, M. Bombara**)
- QC shifteri v Run 3 (**Z. Paulínyová, V. Barbasová**)



# Príspevok KJaSF do experimentu ALICE

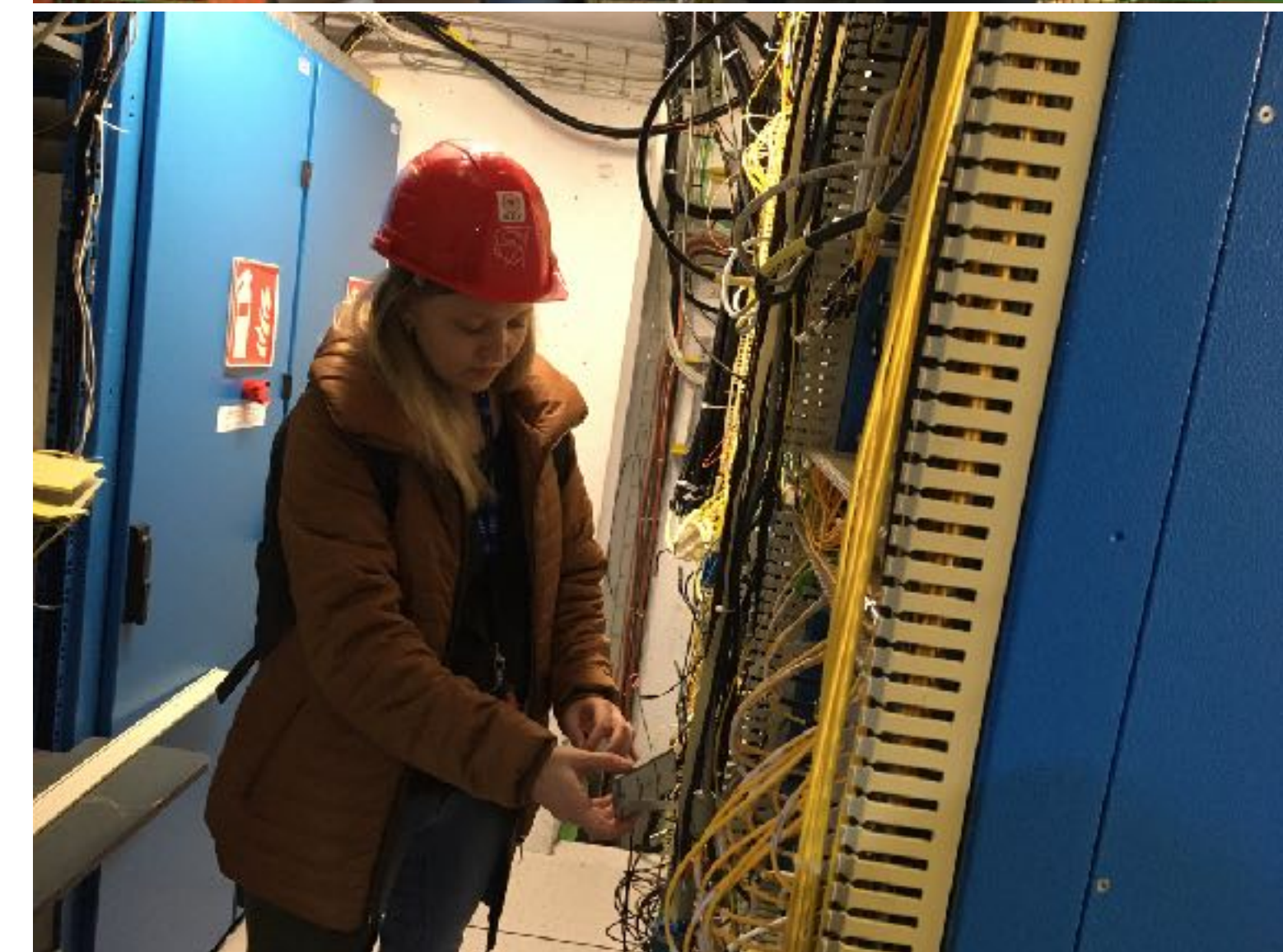
**Fyzikálna analýza** (tradične od čias SPS - podivné častice - ich hybnostné spektrá alebo uhlové korelácie nesú dôležitú informáciu o produkcii hadrónov v kvarkovo-gluónovej plazme)



# Príspevok KJaSF do experimentu ALICE

## Ďalšie aktivity vo fyzike:

- koordinácia Correlations Physics Analysis Group (**L. A. Tarasovičová**)
- koordinácia Strangeness Physics Analysis Group (**M. Bombara**)
- úspešne obhajení PhD študenti: **M. Val'a, P. Kaliňák, M. Putiš, M. Šefčík, Z. Jakubčinová**
- aktívni PhD študenti: **I. Ahuja, V. Barbasová**
- ostatní/neaktívni PhD študenti: **Z. Tóthová, L. Tropp, K. Tropp**



# Organizácia

**Organizovanie medzinárodných konferencií a workshopov - služba fyzikálnej komunite (nielen z CERN) a zviditeľňovanie košickej vedy**

- Hadron Structure 2002 (**PF UPJŠ + ÚEF SAV**)
- IPPOG Meeting 2011 (**PF UPJŠ**)
- RECFA Meeting 2011 (**PF UPJŠ**)
- CERN Accelerator School 2019 (**PF UPJŠ**)
- Triggering Discoveries in High Energy Physics 2024 (**PF UPJŠ**)
- + množstvo ATLAS a ALICE mítingov

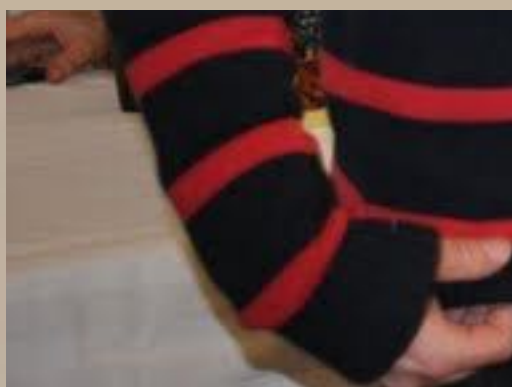


Foto: Bartolomej Cisár





# Organizácia IPPOG 2011



# Popularizácia

**Popularizačná činnosť** - jeden zo spôsobov ako informovať verejnosť o použitých financiách + inšpirácia CERNom pre mladých (vytváranie kladného vzťahu k vede)



# Popularizácia

**Medzinárodné Masterclasses v Košiciach a Prešove (P. Murín, A. Dirner, F. Franko, A. Kravčáková)**



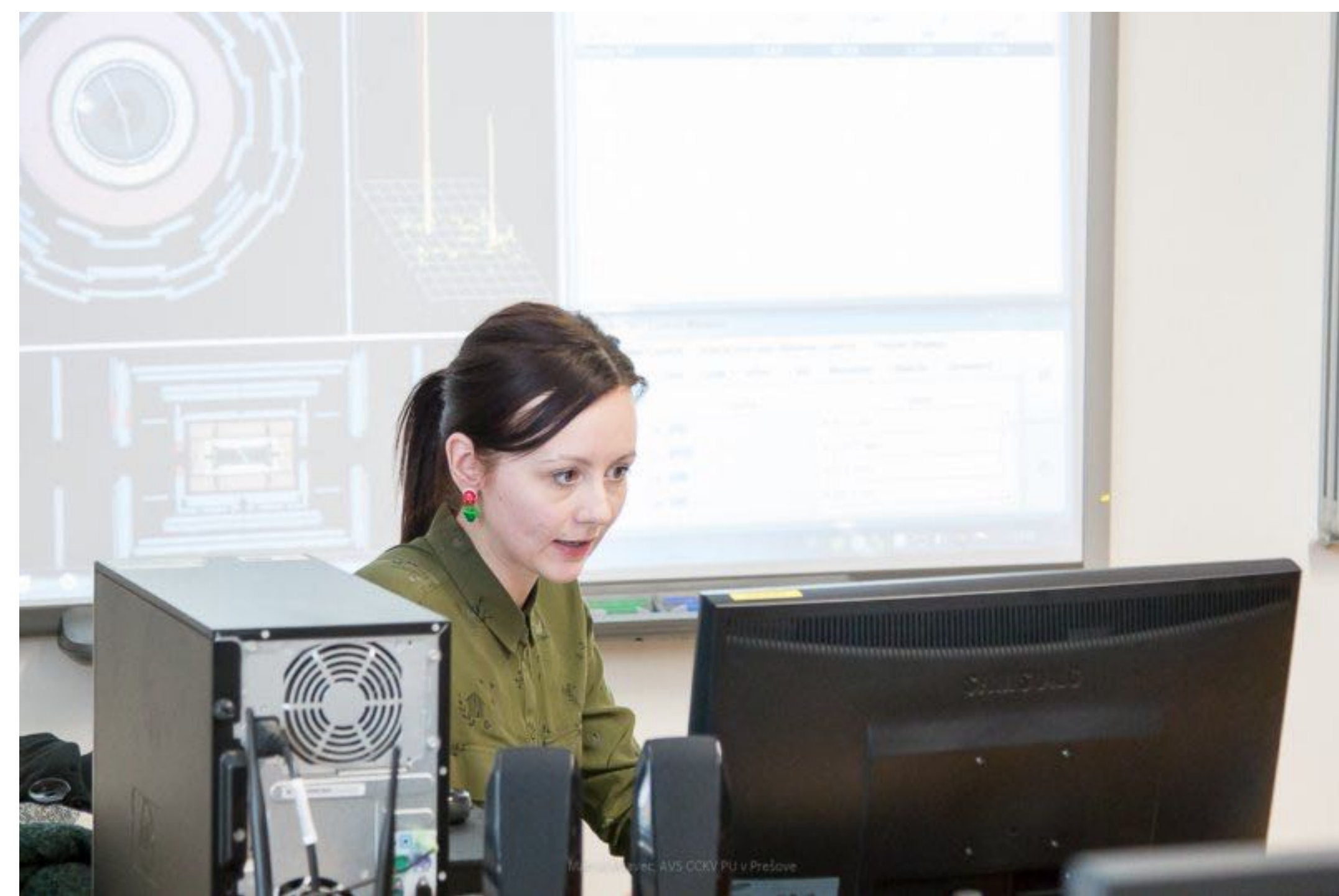
# Popularizácia

**Medzinárodné Masterclasses v Košiciach a Prešove (P. Murín, A. Dirner, F. Franko, A. Kravčáková)**



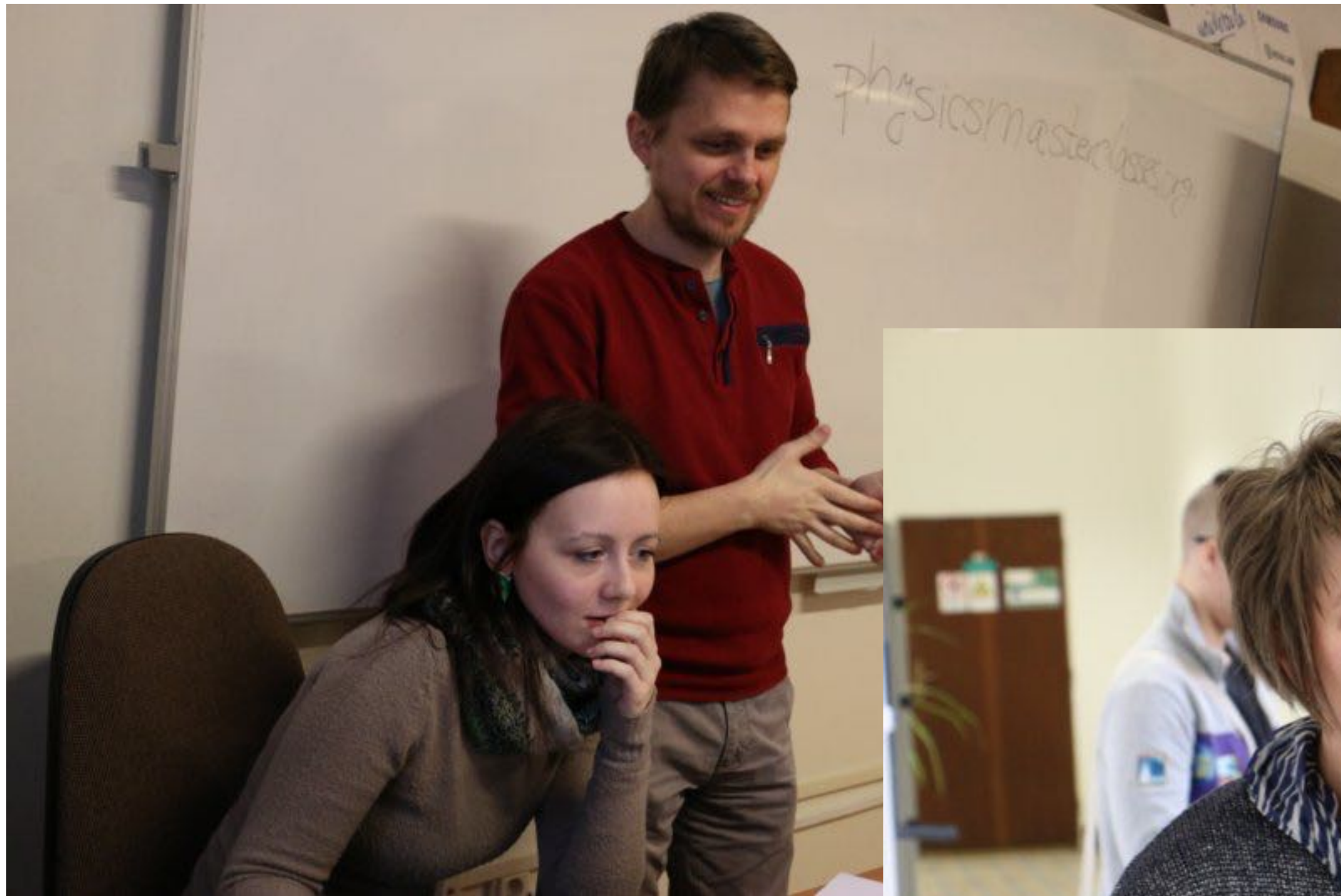
# Popularizácia

**Medzinárodné Masterclasses v Košiciach a Prešove (P. Murín, A. Dirner, F. Franko, A. Kravčáková)**



# Popularizácia

**Medzinárodné Masterclasses v Košiciach a Prešove (P. Murín, A. Dirner, A. Kravčáková)**



# Popularizácia

**Regionálne Masterclasses** (Fil'akovo, Prešov, Spišská Nová Ves, Kežmarok a mnoho ďalších)



# Popularizácia

**Noc výskumníkov** (stánok každý rok)





# Popularizácia

**Noc výskumníkov (stánok každý rok)**



# Popularizácia

**Noc výskumníkov** (stánok každý rok)



# Popularizácia

**Noc výskumníkov (stánok každý rok)**



**Ďakujem za pozornosť!**