

70 rokov CERN

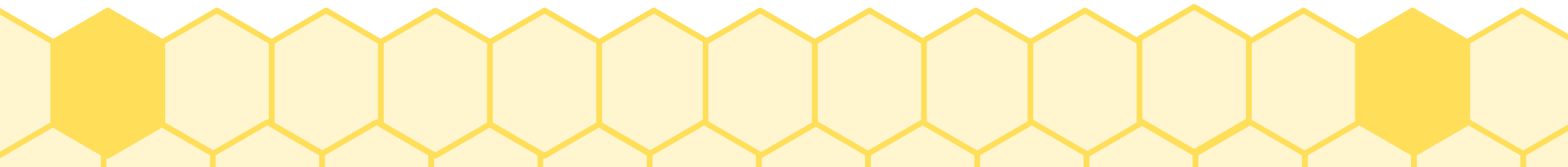
Európska organizácia pre jadrový výskum CERN
(Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire)

Jozef Urbán,
Ústav experimentálnej fyziky SAV, v.v.i., Košice



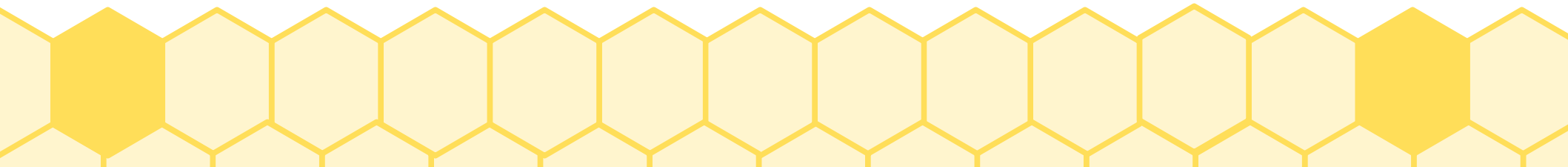
Obsah

- Založenie medzinárodnej organizácie CERN
- Štruktúra a riadiace orgány CERN
- Infraštruktúra, urýchľovača a hlavné výsledky
- Krátko o fyzikálnej podstate a problémoch
- Účasť košických skupín, vstup ČSR/SR do CERN-u
- Výhľady do budúcnosti



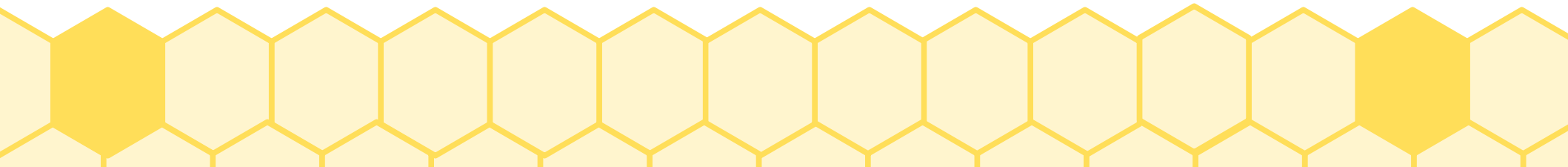
Použité materiály:

- Verejné informácie z web stránky CERN
- 20 rokov SR v CERN-e, Fakty 1/2013
- Prednášky od kolegov I. Králik a P. Stríženec
- Vlastné prednášky na UPJŠ
- Vynechám: vzdelávaciu činnosť, WLGCC grid, aplikačné výstupy, prenos technológií, popularizáciu výsledkov, outreach



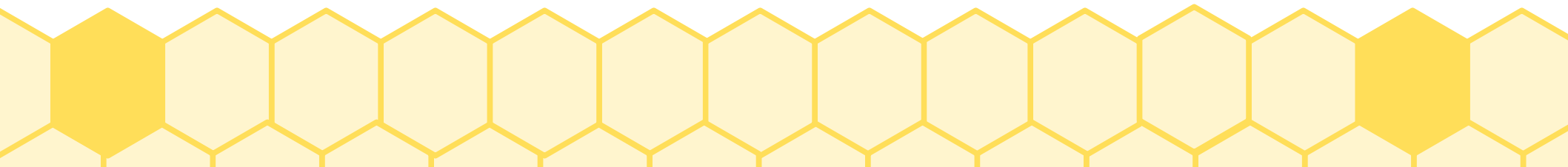
Založenie medzinárodnej organizácie CERN

- Koniec II. Svetovej vojny – Európa stratila vedúcu úlohu vo vede.
- Príklad medzinárodných organizácií: Raoul Dautry, Pierre Auger, Lew Kowarski, Edoardo Amaldi a Niels Bohr – spoločné lab
- Louis de Broglie dal prvý oficiálny návrh v Lausanne 9. decembra 1949 na Európskej kultúrnej konferencii
- Isidor Rabi, V. konferencia UNESCO, jún 1950, predložil rezolúciu podporovať návrh európskeho laboratória
- Paríž december 1951, rezolúcia UNESCO
- 11 krajín podpíše dohodu o stanovení provizórnej Rady - CERN



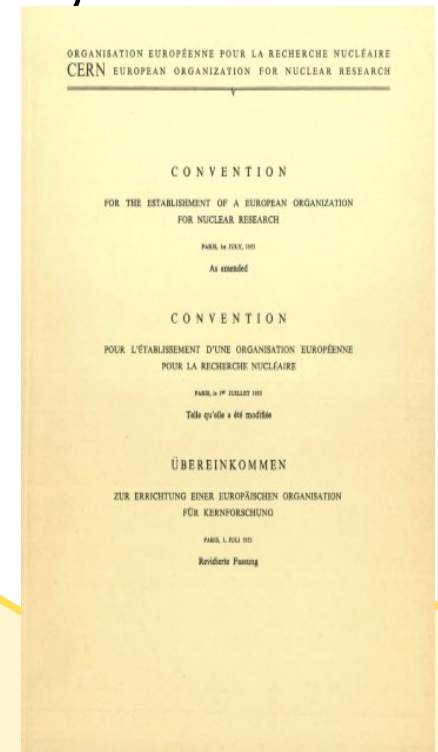
Založenie medzinárodnej organizácie CERN

- I. zasadnutie Rady CERN pri UNESCO, Paríž 5-8 mája 1952, predseda Paul Scherrer, bolo vybraných 5 potenciálnych hostiteľských štátov
- Skupina Cornelia Bakkeru – načrtnúť plán urýchľovača na energiu aspoň 500 MeV
- Teoretickú skupinu viedol Niels Bohr



Založenie medzinárodnej organizácie CERN

- Kde postaviť laboratórium? III. Zasadnutie provizórnej Rady 1952, vybrané miesto Ženeva, referendum jun 1953 potvrdilo rozhodnutie, v kantóne jún 1953 pro 16,539 votes to 7332.
- 29. jún 1953 dokončenie dokumentu:
- Výkopové zahájené 17. mája 1954 pri Meyrine



Založenie medzinárodnej organizácie CERN

- 12 zakládajúcich krajín na VI. zasadanie Rady CERN, Paríž 1. júl 1953 podpis konvencie
- Po ratifikáciách zmlúv 29. septembra 1954 CERN mohol začať oficiálne fungovať



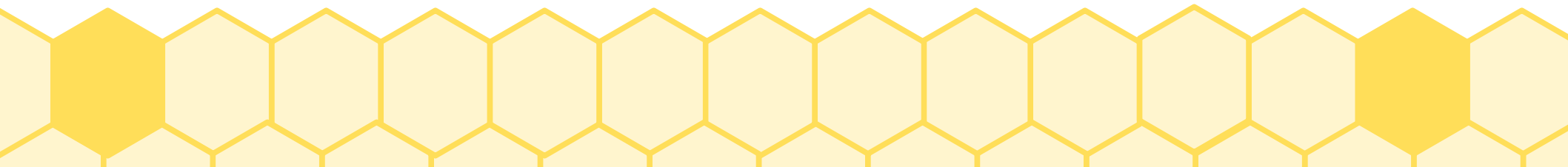
Založenie medzinárodnej organizácie CERN

- 12 zakládajúcich krajín na VI. zasadanie Rady CERN, Paríž 1. júl 1953 podpis konvencie
- Po ratifikáciách zmlúv 29. septembra 1954 CERN mohol začať oficiálne fungovať



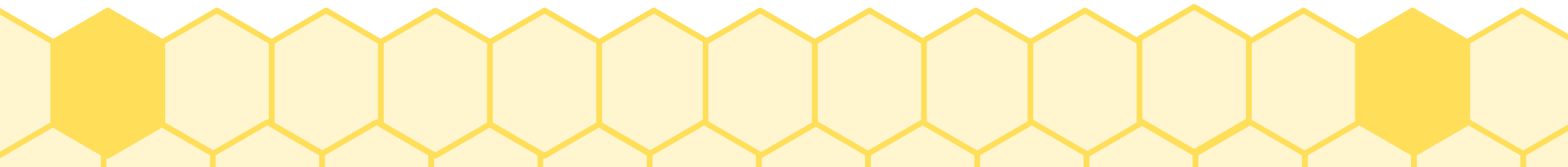
Štruktúra a riadiace orgány CERN

- Členské štáty: 23
- Asociované členstvo → riadne členstvo: 3
- Asociované členstvo: 8
- Pozorovateľ: 6



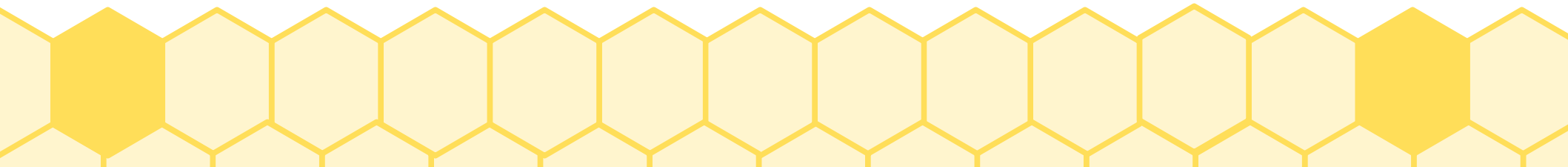
Štruktúra a riadiace orgány CERN

- Najvyšší riadiaci orgán : Rada CERN (CERN Council)
- 2 delegáti/krajinu (politický a vedecký), 1 hlas, zasadá 4x/rok
- Prezident a viceprezident – zvolení Radou na 1 až 3 roky
- poradné výbory: Scientific Policy Committee (SPC) a Finance Committee (FC), European Committee for Future Accelerators, spolupráca s EPS
- Rada volí Generálneho Riaditeľa (Director-General) na 5 rokov
- DG je hlavou výkonnej moci organizácie a reprezentuje ju
- Navrhuje Rade zostavu direktorátu (4) a vedúcich oddelení (11)



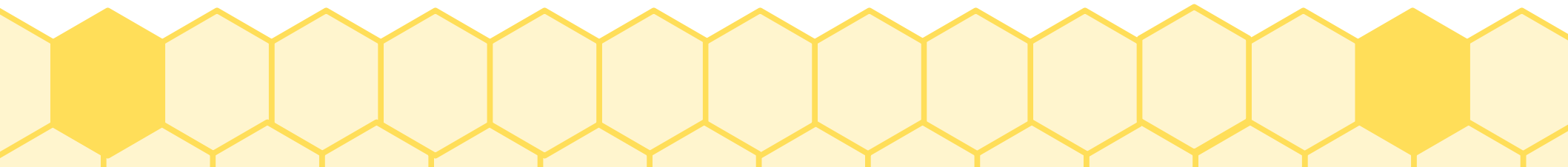
Infraštruktúra, urýchľovače

- Synchrocyclotron (SC) 600 MeV
- Protónový Synchrotron (PS) 28 GeV
- Intersecting Storage Rings (ISR)
- MWPC
- Super Proton Synchrotron (SPS) 450 GeV
- LEP 200 GeV
- ISR → antiprotón-protón zrážač
- Ťažké ióny
- WWW
- Antivodík
- LHC 14 TeV



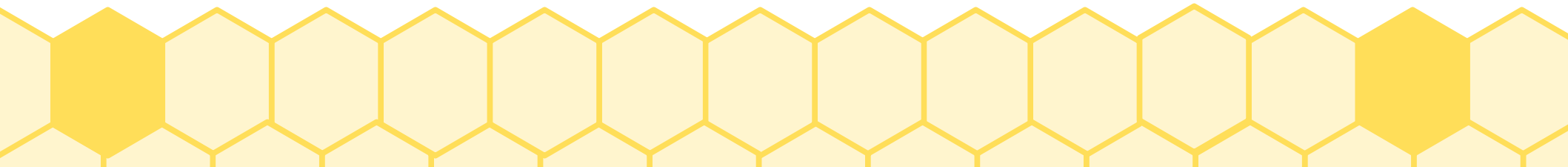
Infraštruktúra, urýchľovače

- Prvý urýchľovač Synchrocyclotron (SC) na 600 MeV 1957
- Od 1964 pre výskum jadier
- 1967 dodáva zväzky pre ISOLDE, zariadenie pre výskum nestabilných jadier s aplikáciami do astrofyziky a medicínske účely
- 1990 SC bol zatvorený



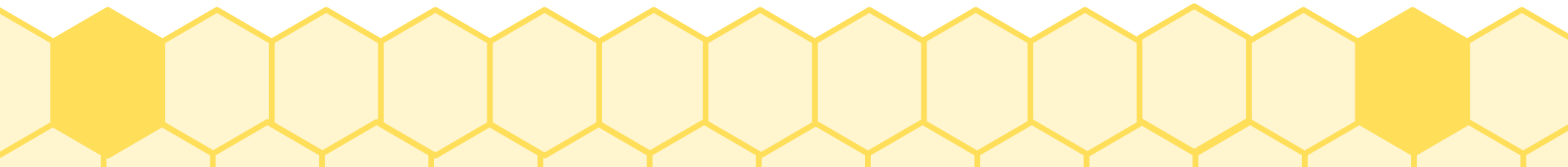
Infraštruktúra, urýchľovače

- Protónový Synchrotron (PS), prvé urýchlenie protónov 24. november 1959, na rekordnú energiu 28 GeV, svetový rekord 10 GeV synchrofázotrónu Dubny prekonaný.
- 1970 pretransformovaný na zdroj častíc rôznych druhov pre výkonnejšie urýchľovače
- 1. september 1965 produkcia jadra antideuterónu Antonio Zichchi na PS a Leon Lederman na AGS, BNL NY – **súčasný objav**



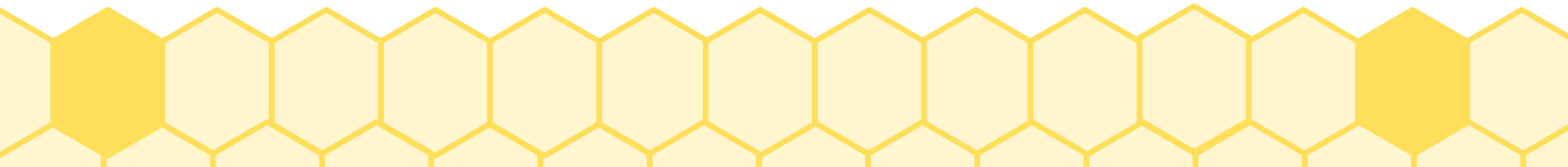
Infraštruktúra, urýchľovače

- Schválenie návrhu 1965:
Proton Synchrotron (PS) → Intersecting Storage Rings (ISR).
- 27. január 1971 prvé protónovo-protónové zrážajúce sa zväzky
- Ukázal výhodu použitia zrážача, pp , $p\bar{p}$, ..., $\alpha\alpha$ zrážajúce sa **zväzky**



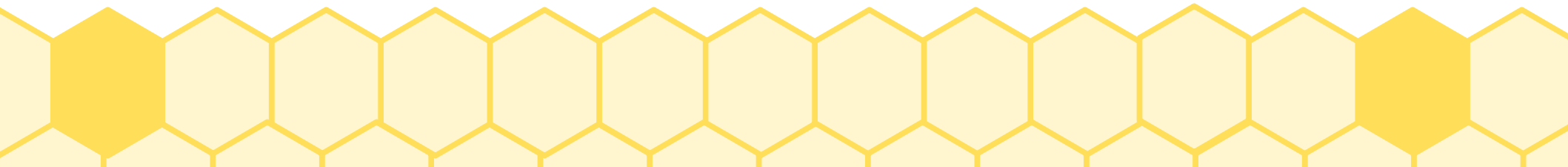
Infraštruktúra, urýchľovače

- George Charpak 17. január 1968 vývoj mnohovláknových porporcionálnych (MWPC) – revolúcia v detekcii častíc, Nobelova cena [1992](#)



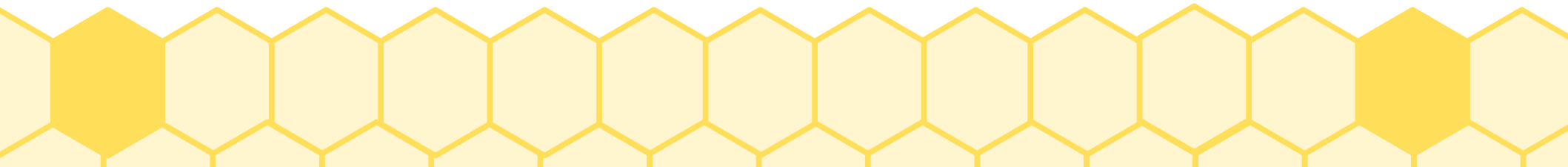
Infraštruktúra, urýchľovače

- Február 1971 jedenásť členských štátov schváli projekt: Super Proton Synchrotron (SPS), na energiu 300 GeV, 7 km obvod, urýchľovač 40m pod zemským povrchom
- Uvedený do prevádzky 17. jún 1976, energia 400 GeV, podáva zväzky do NA a WA
- Výskum: štruktúra protónu, prevaha hmoty nad antihmotou, exotické stavy hmoty a stav hmoty po Veľkom tresku
- Teraz pracuje pri 450 GeV ako zdroj pre výkonnejšie urýchľovače



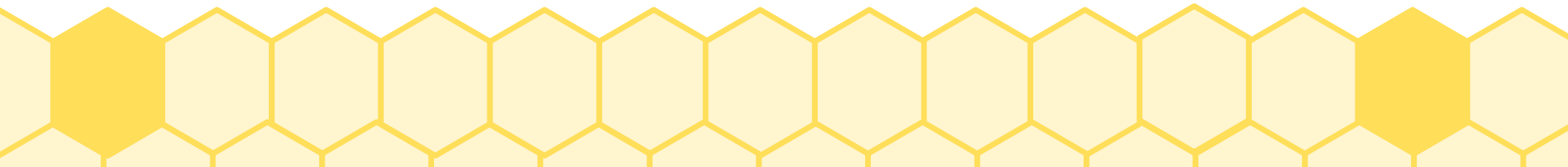
Infraštruktúra, urýchľovače

- 1981 konečná verzia návrhu o stavbe elektrón-pozitrónového zrážača o obvode 27 km, 4 experimenty: ALEPH, DELPHI, L3, OPAL pri prvej energii zväzku okolo 50 GeV, prednesená v Rade CERN.
- Tunel dokončený 8. február 1988,
- 14. júl 1989 LEP v prevádzke, počas 11 rokov
- Štúdium elektroslabej interakcie, tri a iba tri generácie častíc, potvrdenie predpovedí ŠM
- 2. november 2000 – tunel LEP pre **LHC**



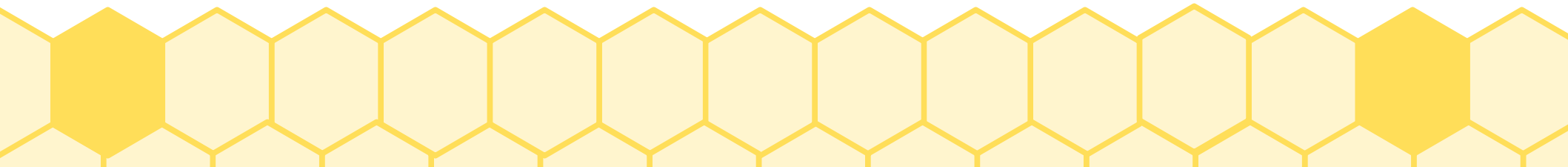
Infraštruktúra, urýchľovače

- Prvé antiprotónovo-protónové zrážky v Intersecting Storage Rings 4. apríl 1981.
Príprava na antiprotónovo-protónové zrážky v Super Proton Synchrotron (SPS).
- Zakončenie práce ISR 1984
- 1979 SPS pretransformovaný na antiprotónovo-protónový zrážáč
- 30. apríl 1983 oznam o objavení Z^0 , W^+ a W^- bozónov
→ Nobelova cena Simon van der Meer a Carlo Rubbia.



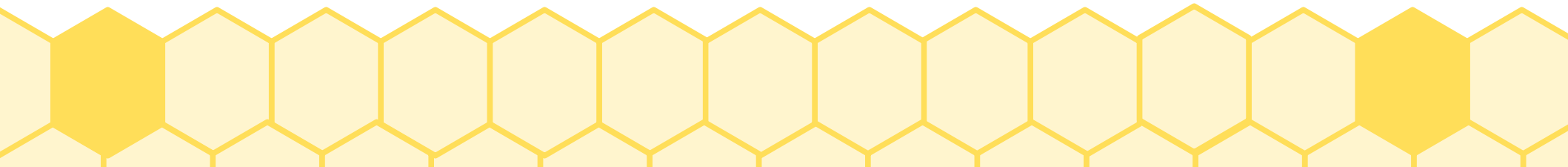
Infraštruktúra, urýchľovače

- 1986 urýchlenie ťažkých iónov na SPS, štúdium príznakov kvarkovo-gluónovej plazmy (QGP)
- 1994 urýchlenie iónov Pb
- 2000 vyhlásenie NA44, NA45, NA49, NA50, WA97/NA57 a WA98 CERN o pozorovaní QGP



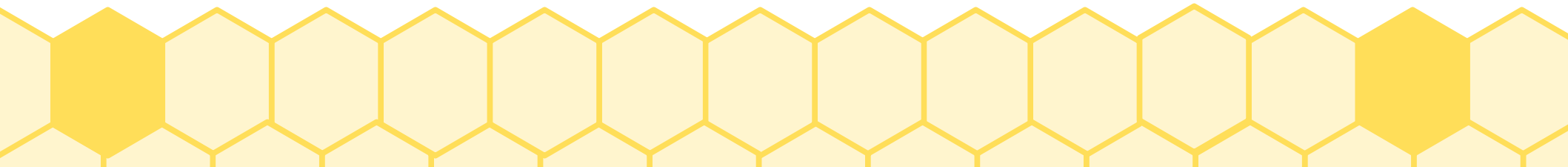
Infraštruktúra, urýchľovače

- 1990 Vianoce, Sir Berners-Lee definuje základnú koncepciu Web, html, http, URL a napísal prvé programové balíky web prehliadača, editora a servera.



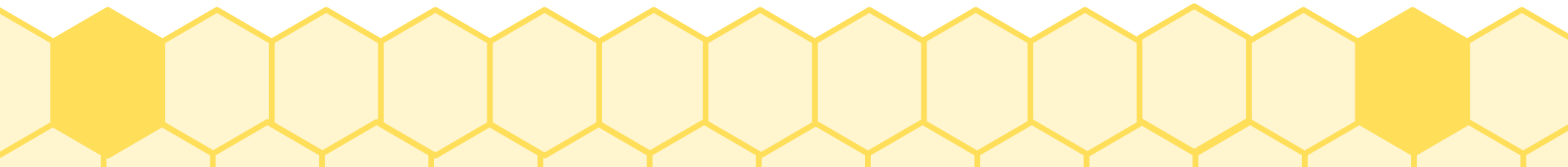
Infraštruktúra, urýchľovače

- 15. september 1995 produkcia atómov antivodíka na zariadení Low Energy Antiproton Ring (LEAR):
 - za 3 týždne 9 atómov v antiprotón+Xe zrážkach, žili 4×10^{-8} s
- Po zatvorení Antiproton Accumulator (AC), Antiproton Collector a LEAR, 7 február 1997 návrh projektu “Antiproton Decelerator” schválený na žiadosť záujemcov o antiprotónovú fyziku
- 7 február 1997 návrh projektu “Antiproton Decelerator” schválený: 10^7 protónov/minutu, hybnosť 100MeV/c
- 5 jún 2011, 300 atómov antivodíka udržiavaných po dobu 1000 sekúnd, porovnať spektrá atómov a **antiatómov**

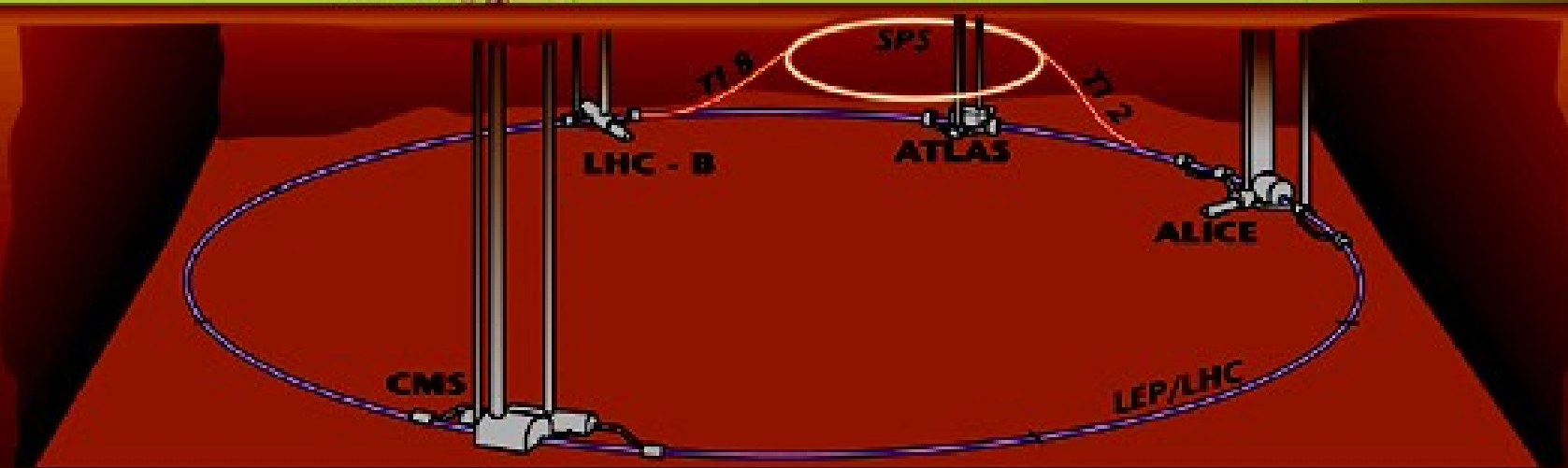
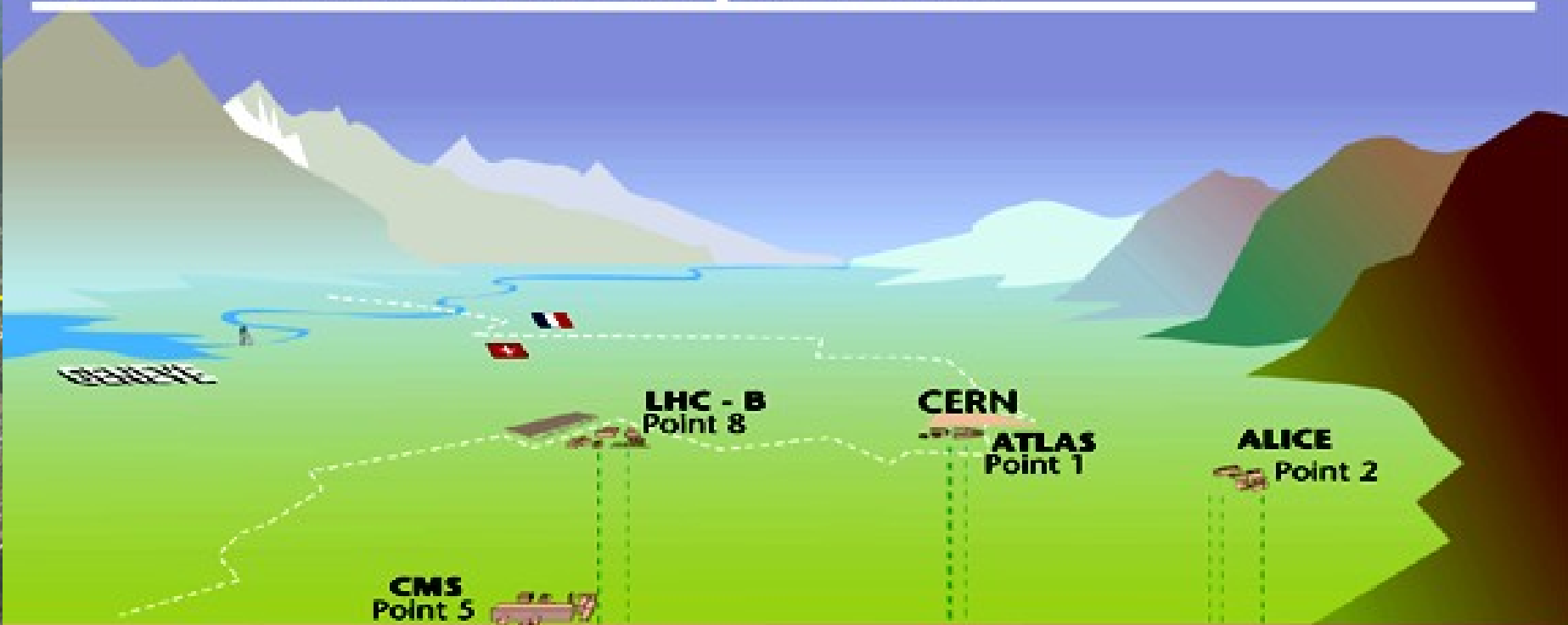


Infraštruktúra, urýchľovače

- Prvé myšlienky LHC 1980, hoci ešte LEP nebol
- 1984 symposium Lausanne začiatok LHC
- 1989 malá kolaborácia okolo LHC
- 1992 Evian, expressions of interest
- 31 január 1997 návrhy experimentov CMS a ATLAS schválené
- 14 február 1997 návrh experimentu ALICE schválený, L3
- 17 september 1998 návrh experimentu LHCb schválený



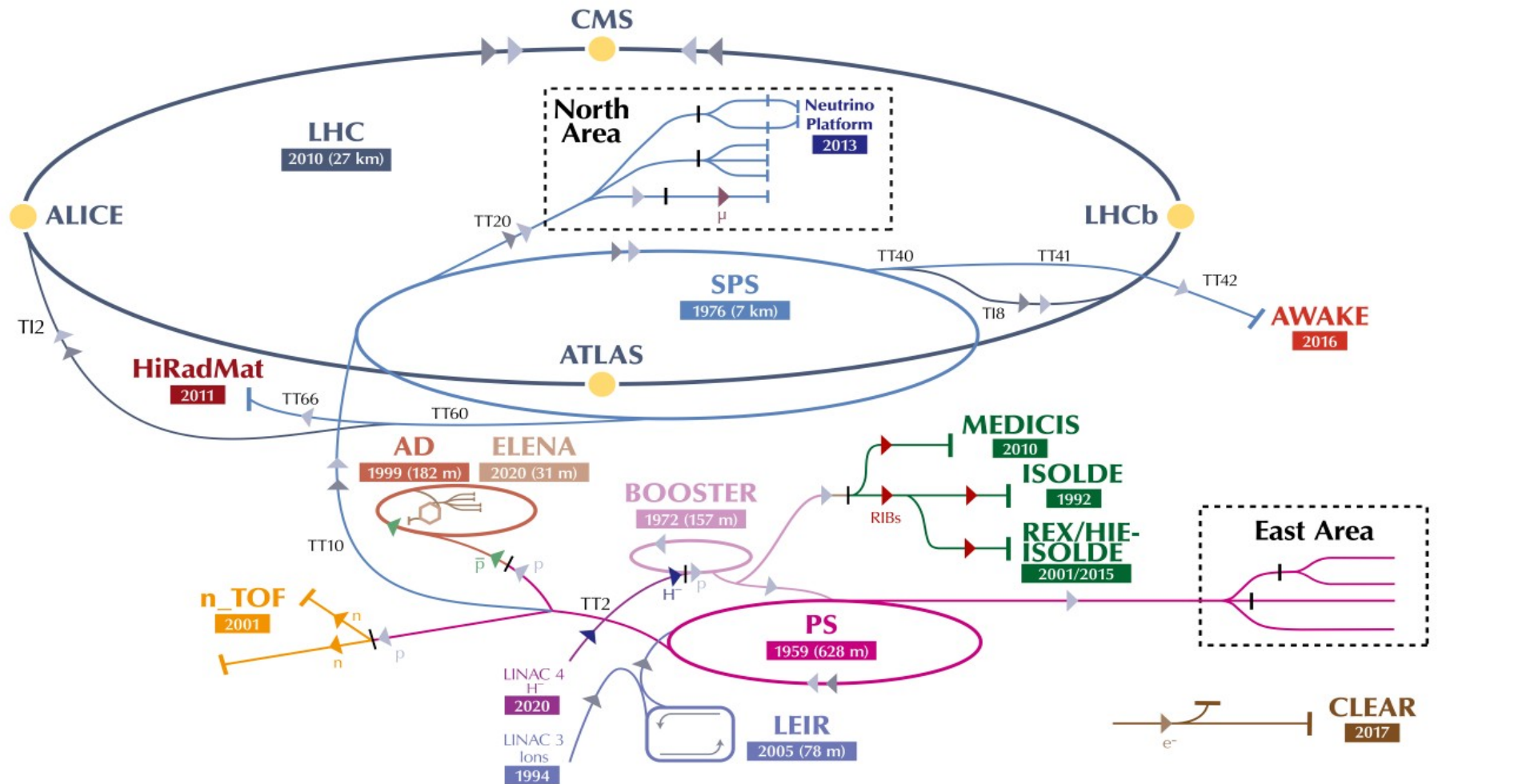
Overall view of the LHC experiments.



Obvod tunela 26.7 km, priemer tunela 3.8 m
Hĺbka : ~ 70-140 m – sklon tunela ~ 1.4%

The CERN accelerator complex

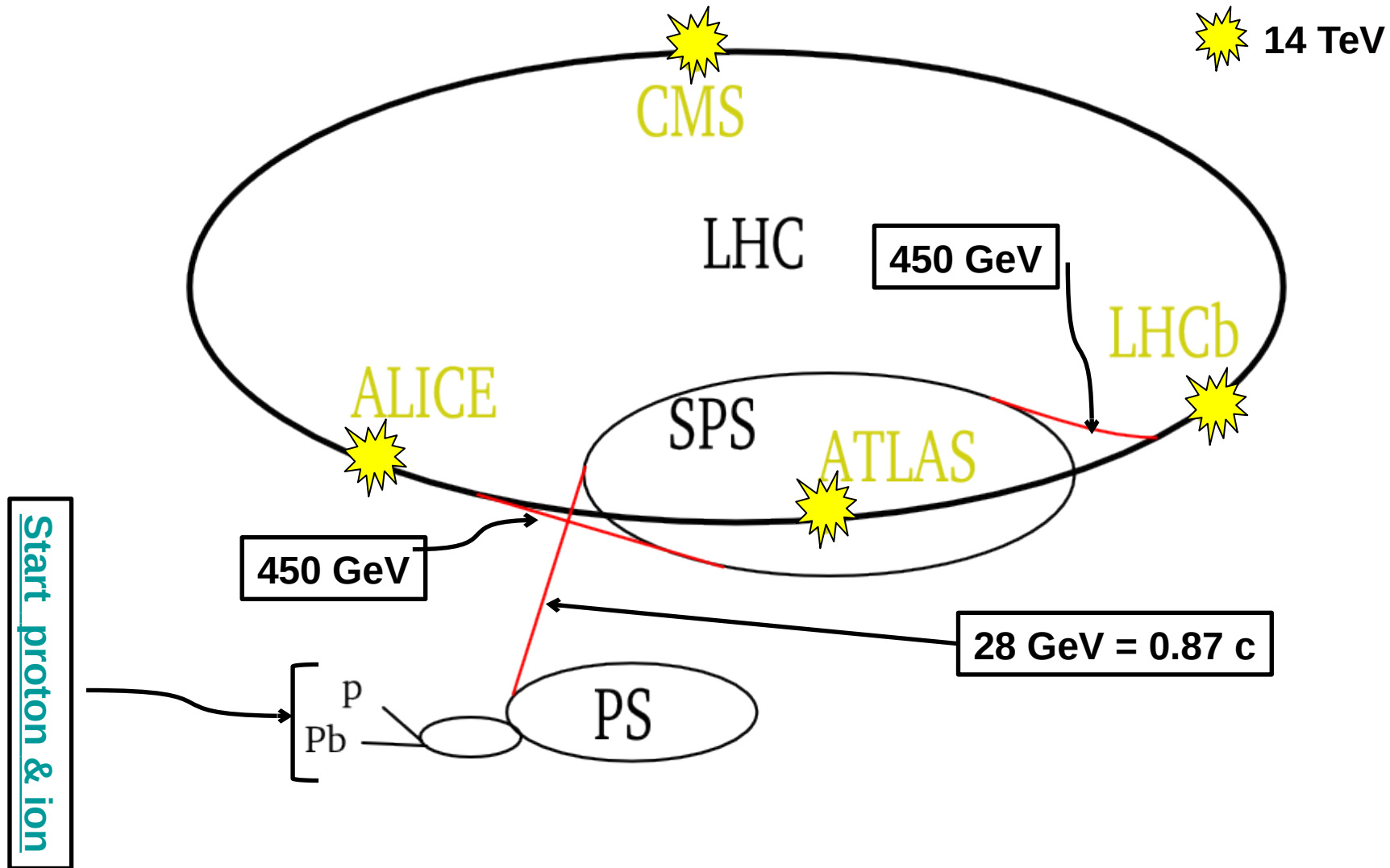
Complexe des accélérateurs du CERN



▶ H^- (hydrogen anions) ▶ p (protons) ▶ ions ▶ RIBs (Radioactive Ion Beams) ▶ n (neutrons) ▶ \bar{p} (antiprotons) ▶ e^- (electrons) ▶ μ (muons)

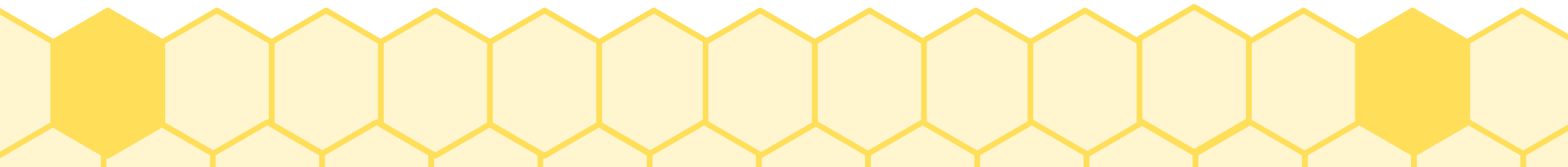
LHC - Large Hadron Collider // SPS - Super Proton Synchrotron // PS - Proton Synchrotron // AD - Antiproton Decelerator // CLEAR - CERN Linear Electron Accelerator for Research // AWAKE - Advanced WAKEfield Experiment // ISOLDE - Isotope Separator OnLine // REX/HIE-ISOLDE - Radioactive EXperiment/High Intensity and Energy ISOLDE // MEDICIS // LEIR - Low Energy Ion Ring // LINAC - LINear ACcelerator // n_TOF - Neutrons Time Of Flight // HiRadMat - High-Radiation to Materials // Neutrino Platform

SCHÉMA URÝCHĽOVAČOV CERN

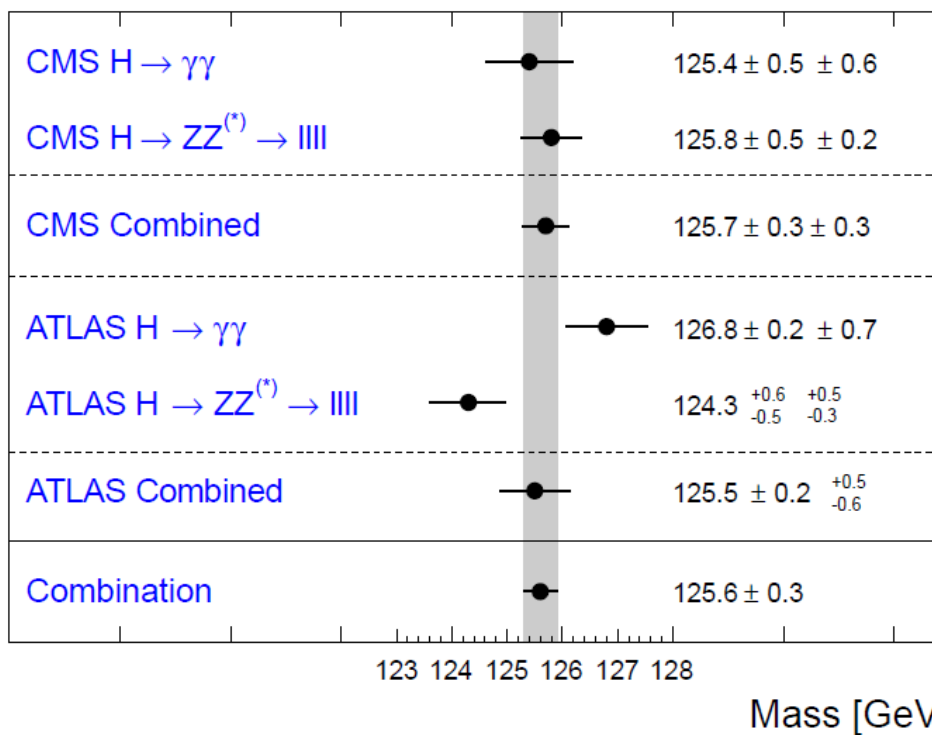
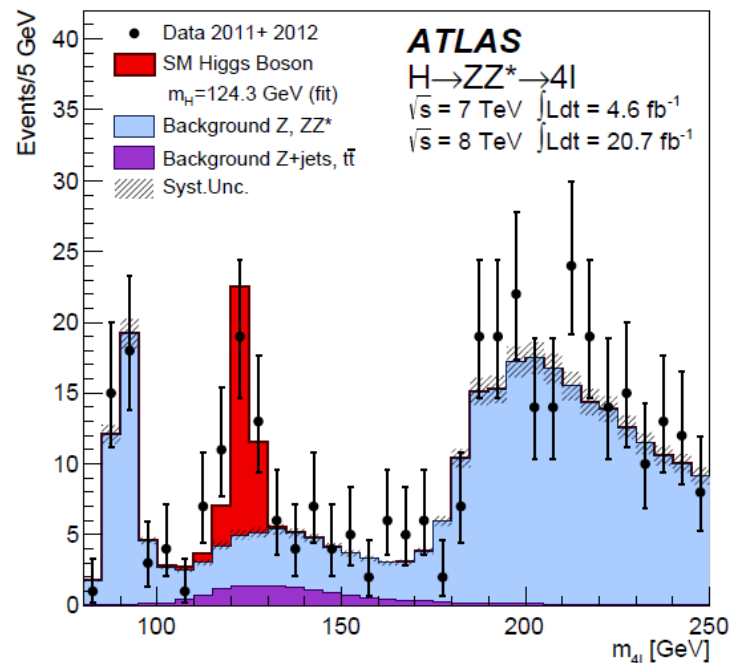
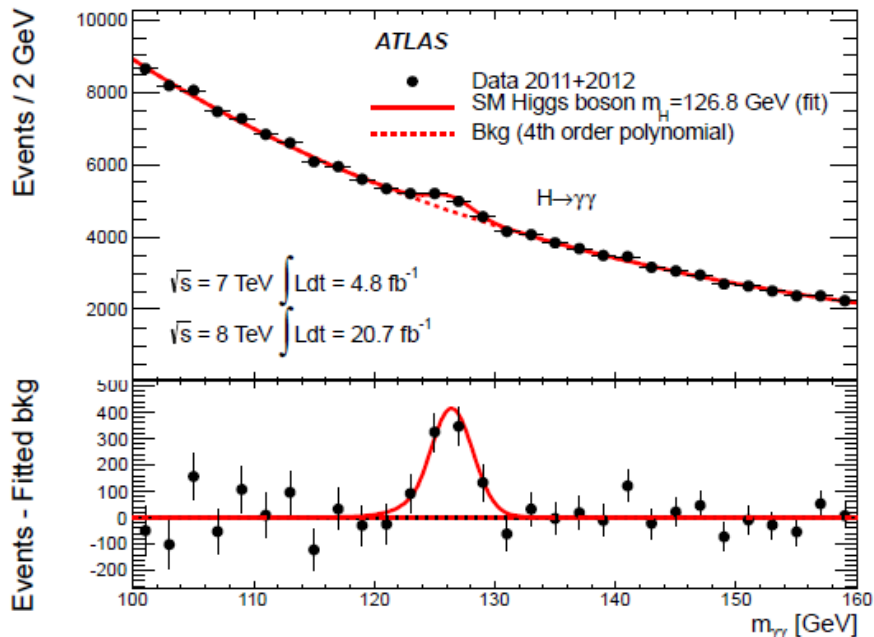


Infraštruktúra, urýchľovače

- 10 september 2008 Štart LHC
- 19 september 2008 pre LHC “11 September”
- 30 apríl 2009 LHC opravený, 37 magnetov vymenených, 16 opravených
- 13 december 2011 sľubné náznaky na pozorovanie Higgs bozónu: 116-130 GeV od experimentu ATLAS, a 115-127 GeV od CMS.



Výsledky na LHC: ATLAS a CMS

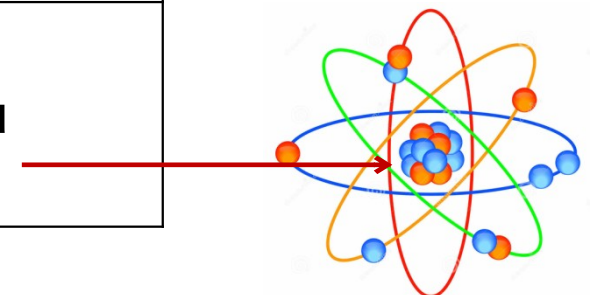
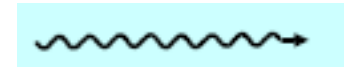
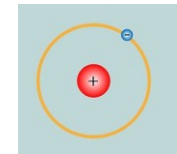


Krátko o fyzikálnej podstate

Prečo vlastne budujeme urýchľovače?

Rozmery objektov príklady

Vlas ľudský
0,06-0,07 mm =
60 – 70 μm



m		
10^0	1m	človek
10^{-3}	0.001 m = 1mm	Neozbrojeným okom badateľné
10^{-6}	0.001 mm = 1μm	Rozmery bunky – červené krvinky 7μm
10^{-9}	0.001 μm = 1nano m	Proteiny
10^{-10}	0.1n m = 1 Angström	Polomer atómu vodíka
10^{-12}	0.001nm = 1 piko m	Vlnová dĺžka Röntgenovho žiarenia
10^{-15}	0.001pm = 1 femto m	Jadro atómu

Za hranicami normálneho videnia

	[m]	[eV]	[K]
Oko	10^{-4}	0.01	10^2
Baktérie	10^{-5}	0.1	10^3
Vlnová dĺžka svetla	10^{-6-7}	1 -10	10^{4+5}
Atóm	10^{-10}	10 keV	10^8
Jadro	10^{-14-15}	0.1-1GeV	10^{12+13}
Kvarky a leptóny	10^{-18}	10^3 GeV 1 TeV	10^{16}

Špecifiká jadrovej fyziky a fyziky častíc

K čomu sú dobre stále vyššie energie?




- de Broglie : častice ↔ vlny
- Rozlišovacia schopnosť daná vlnovou dĺžkou
 $\lambda = h/p$,
kde h Planckova konštanta, p hybnosť častice
- **Pre protón:**
 $E_{\text{kin}} = 5 \text{ MeV} \leftrightarrow \lambda = 13 \cdot 10^{-15} \text{ m} = 13 \text{ fm}$
 $E_{\text{kin}} = 500 \text{ MeV} \leftrightarrow \lambda = 10^{-15} \text{ m} = 1 \text{ fm}$
 $E_{\text{kin}} = 100 \text{ GeV} \leftrightarrow \lambda = 10^{-17} \text{ m} = 0.01 \text{ fm}$
 $E_{\text{kin}} = 1 \text{ TeV} \leftrightarrow \lambda = 10^{-18} \text{ m} = 0.001 \text{ fm}$
- **Zvyšovaním energie cítime čoraz menšie vzdialenosti
- vidíme hlbšie do štruktúry hmoty**

STANDARD MODEL OF ELEMENTARY PARTICLES


QUARKS


UP mass $2,3 \text{ MeV}/c^2$ charge $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ 	CHARM mass $1,275 \text{ GeV}/c^2$ charge $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ 	TOP mass $173,07 \text{ GeV}/c^2$ charge $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ 
DOWN mass $4,8 \text{ MeV}/c^2$ charge $-\frac{1}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ 	STRANGE mass $95 \text{ MeV}/c^2$ charge $-\frac{1}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ 	BOTTOM mass $4,18 \text{ GeV}/c^2$ charge $-\frac{1}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ 


LEPTONS

ELECTRON mass $0,511 \text{ MeV}/c^2$ charge -1 spin $\frac{1}{2}$ 	MUON mass $105,7 \text{ MeV}/c^2$ charge -1 spin $\frac{1}{2}$ 	TAU mass $1,777 \text{ GeV}/c^2$ charge -1 spin $\frac{1}{2}$ 
ELECTRON NEUTRINO mass $<2,2 \text{ eV}/c^2$ charge 0 spin $\frac{1}{2}$ 	MUON NEUTRINO mass $<0,17 \text{ MeV}/c^2$ charge 0 spin $\frac{1}{2}$ 	TAU NEUTRINO mass $<15,5 \text{ MeV}/c^2$ charge 0 spin $\frac{1}{2}$ 


GLUON
 mass 0
 charge 0
 spin 1


PHOTON
 mass 0
 charge 0
 spin 1


Z BOSON
 mass $91,2 \text{ GeV}/c^2$
 charge 0
 spin 1


W BOSON
 mass $80,4 \text{ GeV}/c^2$
 charge ± 1
 spin 1


GAUGE BOSONS

HIGGS BOSON
 mass $126 \text{ GeV}/c^2$
 charge 0
 spin 0


Generácie

I.

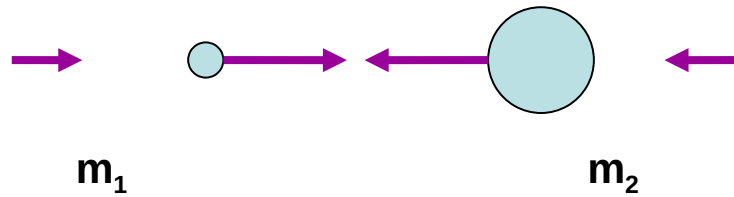
II.

III.

Základné sily (interakcie) a stavebné kamene hmoty

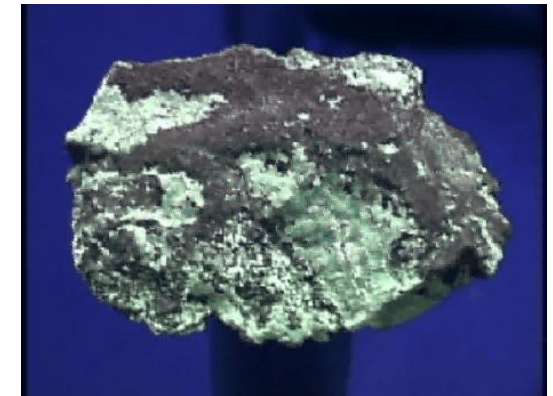
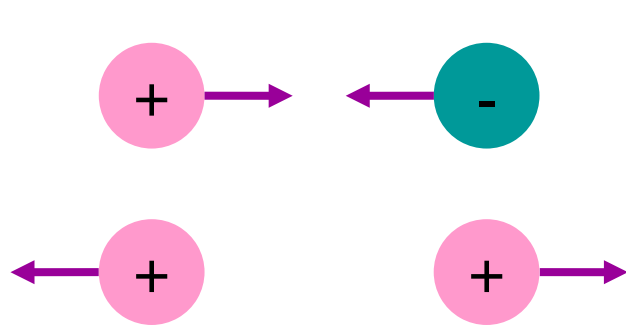
Gravitácia

- jeden "náboj" (hmota)
- sila klesá so vzdialenosťou



Elektromagnetismus (QED)

- dva náboje
- sila klesá so vzdialenosťou



Atóm
Jadro + obal
(u, d) kvarky + e^-

Základné sily (interakcie) a stavebné kamene hmoty

Slabá interakcia – β rozpad a neutrino ν ($\bar{\nu}_e$)

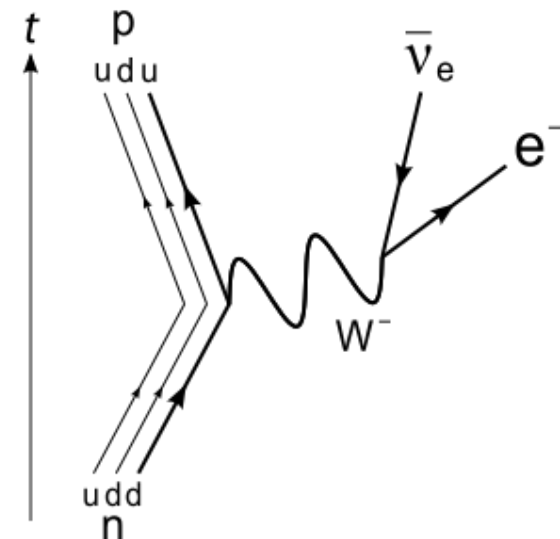
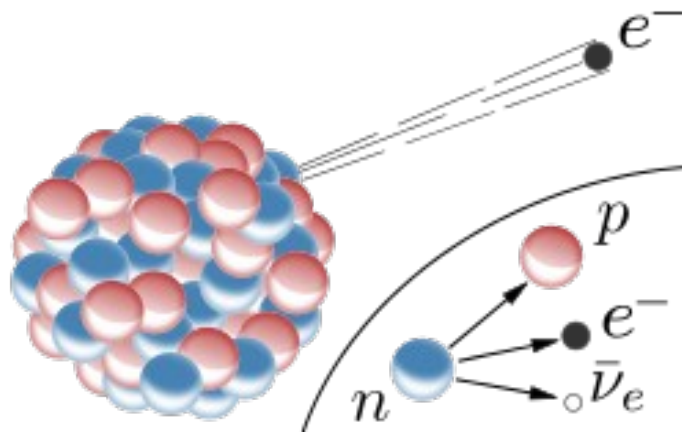
Objav prirodzenej radioaktivity(1896) Henri Becquerel, Pierre a Marie Curie-Sklodowska
Tri druhy žiarenia α , β , γ :

- ✓ α sa ukázali (kladné) ióny ${}^4\text{He}_2$ spektrum diskkrétne - oddelené „čiary“ energie, málo prenikavé
- ✓ β záporne nabité ľahké častice - majú spojité spektrum, v neskoršom obrovské problémy vysvetliť prečo; stredne prenikavé - elektrón
- ✓ γ elektricky neutrálne žiarenie, diskkrétne spektrum, silne prenikavé žiarenie - tvrdé elmag žiarenie

β rozpad vyvolaný
slabou interakciou –
premena **neutrónu (n)**

na

- **elektrón (e^-)** a
- **protón (p)**,
- **elektrónové antineutrino ($\bar{\nu}_e$)**.



Atómy: **potrebujeme iba I. generáciu kvarkov (u,d) a leptónov (e^- , ν) + ich antičastice.**

Základné sily (interakcie) a stavebné kamene hmoty

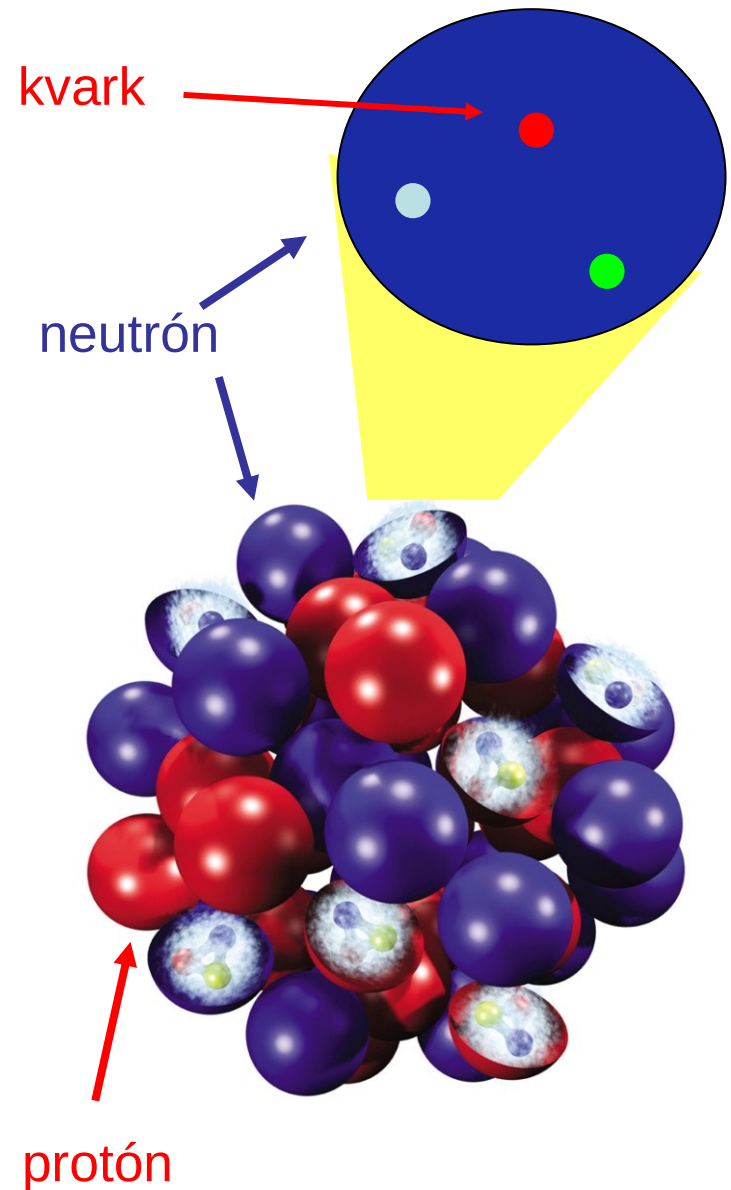
Atómové jadrá a silná = farebná interakcia

Jadrá pozostávajú z:

- **protónov** (kladný elektrický náboj)
- **neutrónov** (bez elektrického náboja)

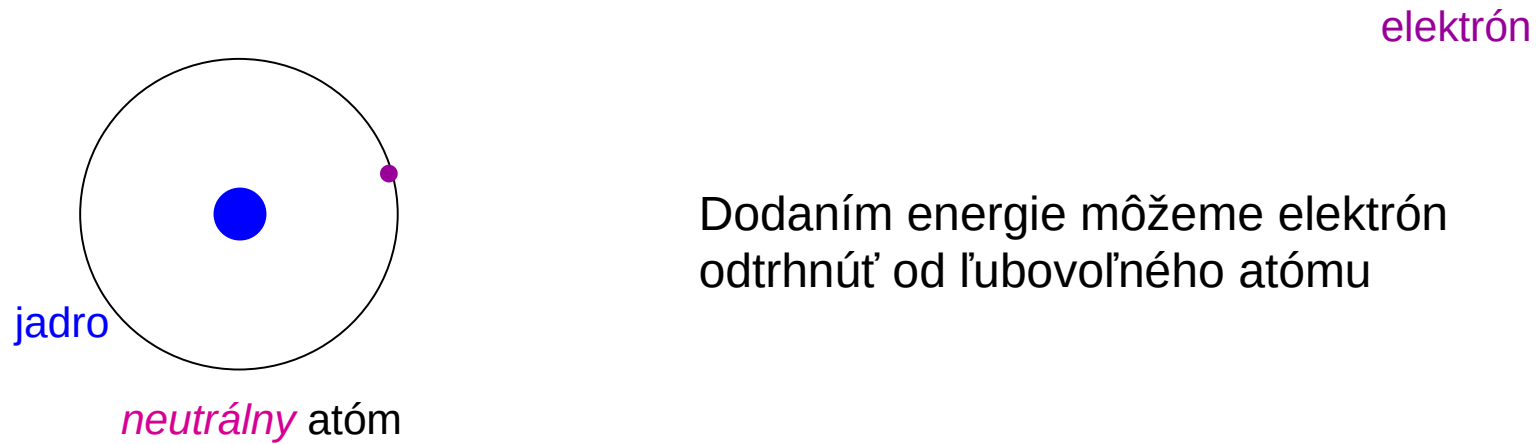
Jadrá sú stabilné vďaka **farebnej** interakcii medzi **kvarkmi** and **gluónmi**

analógia s van der Waalsovou silou u molekúl

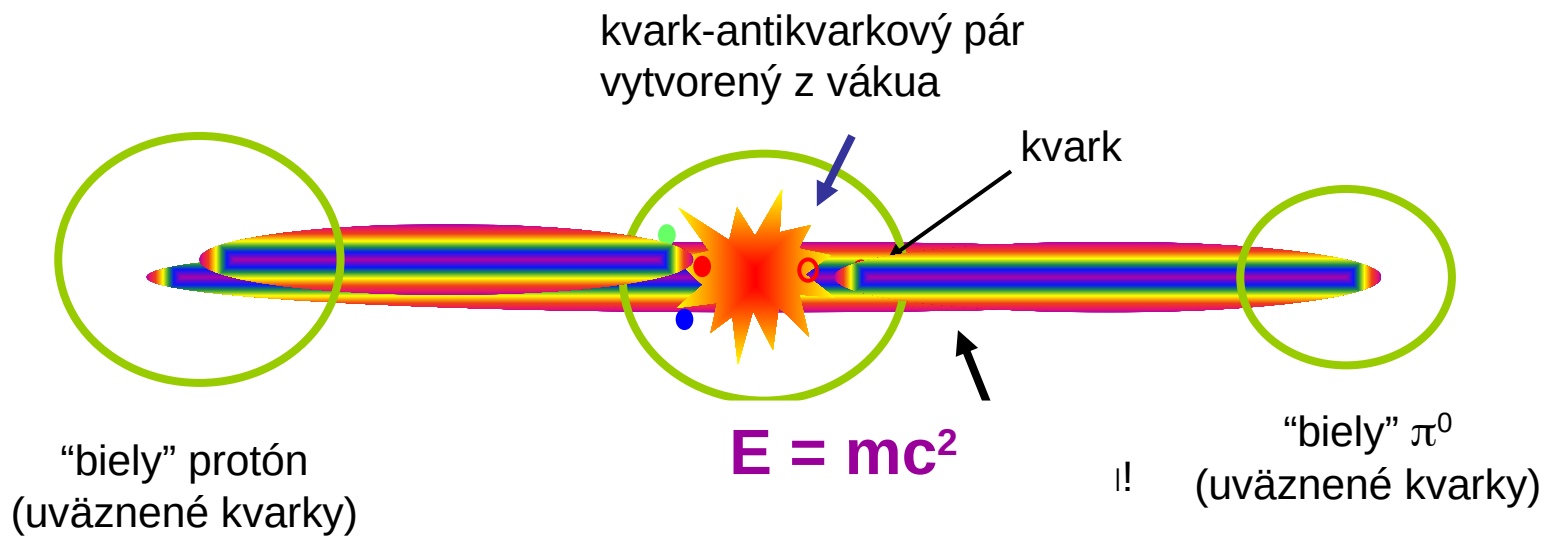


Základné sily (interakcie) a stavebné kamene hmoty

Uväznenie - kritická vlastnosť QCD



Ale kvarky z hadrónov uvoľniť nemôžeme: “uväznenie farby”



Prečo teda fyzici stavajú také veľké a drahé urýchľovače - zariadenia???

Existuje veľa otázok na ktoré nevieme odpoveď ako napr.:

Ako získajú častice hmotnosť?

Existuje Higgsov bozón?

Existujú supersymetrické partnery častíc?

Má časo-priestor extra dimenzie ako prepožadujú modely?

Ako vznikli prvky od Fe až po U?

Nový stav hmoty pri extrémnych hustotách a teplotách?

Začiatky vzniku Vesmíru?

Stabilita protónu?

Hmotnosť neutrín a zdroj oscilácií?

Existencie tmavej hmoty (dark matter)?

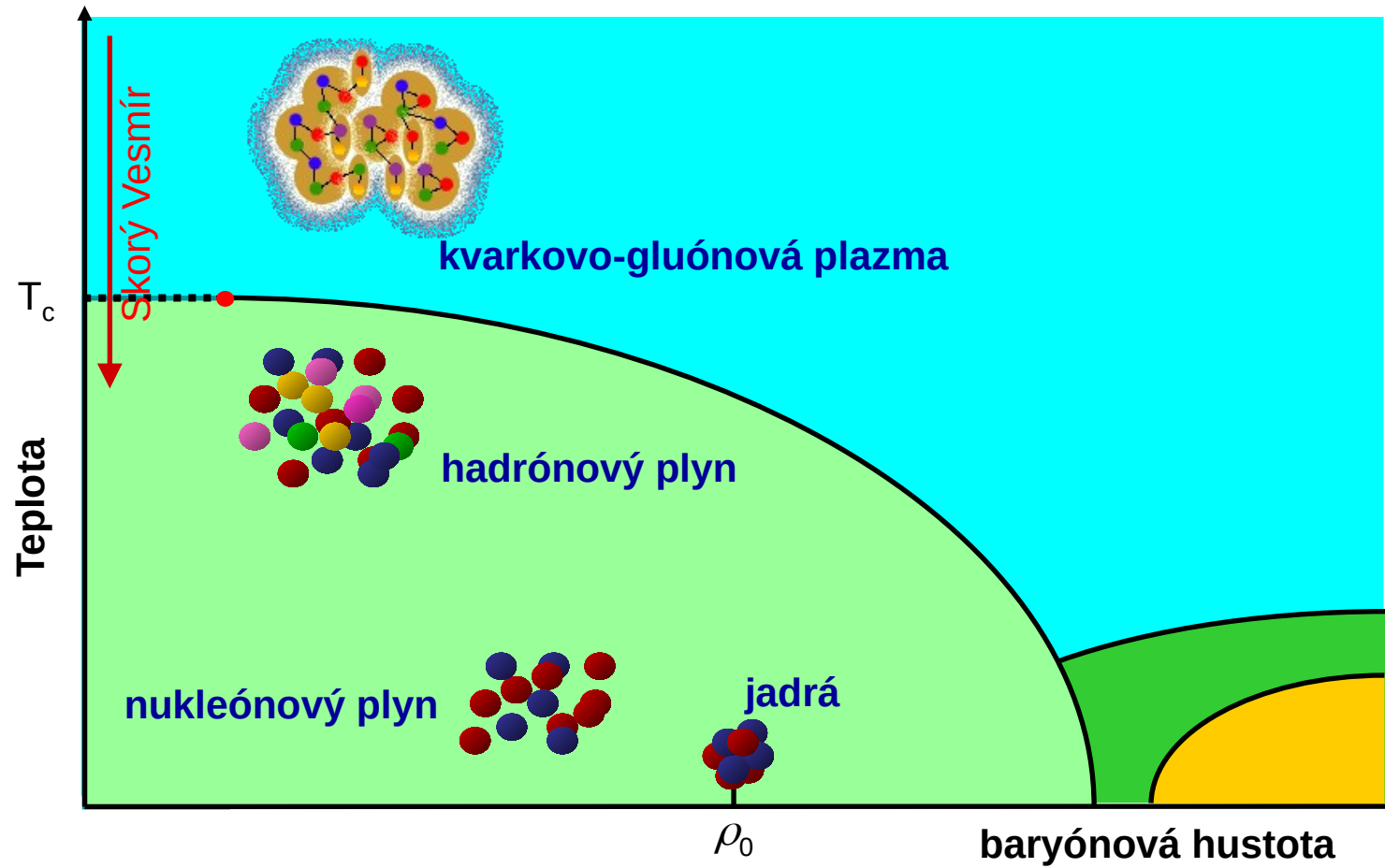
Asymetria medzi hmotou a antihmotou?

Sú kvarky a leptóny elementárne?

Prečo práve 3 generácie kvarkov a leptónov?

Zjednotenie 4 interakcií?

Fázový diagram QCD



Supersymetria SUSY

➔ SUSY priradí partnerku každej častici SM s opačnou „spinovou-štatistikou“ ostatné kvantové čísla zostanú nezmenené.

◆ SUSY partnerky budú mať takú hmotnosť ako SM častice

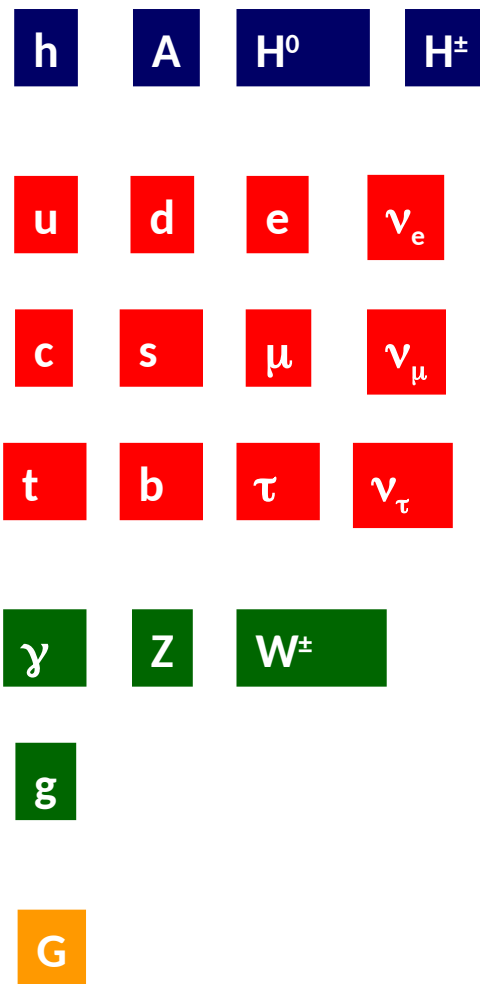
- Nepozorované!
- SUSY pri nízkych je narušená

◆ Higgsov sektor sa tiež rozšíri

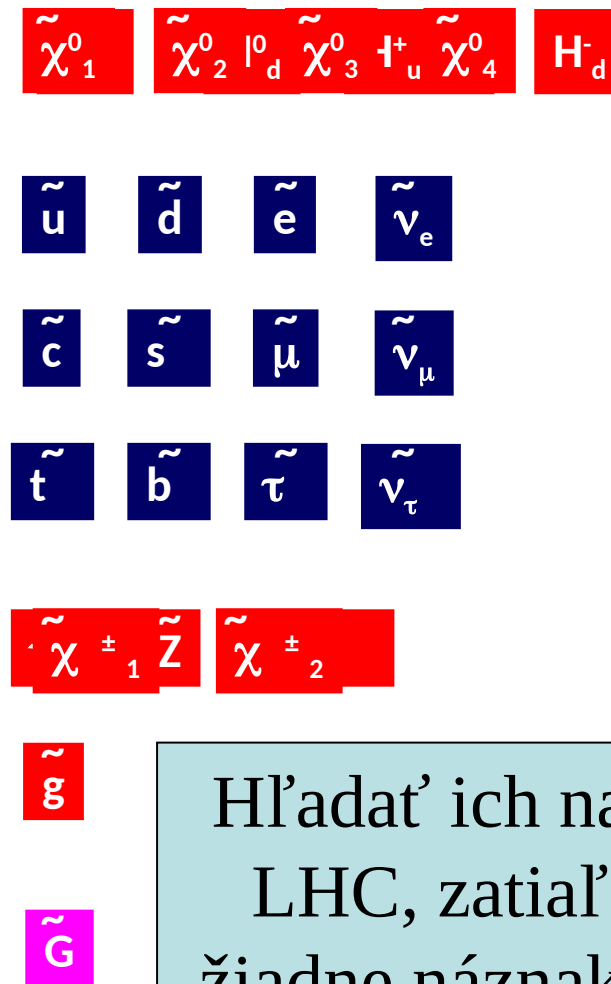
◆ Farebné označenie

- Spin 0
- Spin 1/2
- Spin 1
- Spin 2
- Spin 3/2

kvakr → skvark
leptón → sleptón
gluón → gluino
Z bozón → Zino
W bozón → wino
fotón → fotino



Minimálny Supersymetrický Štandardný Model (MSSM)



Hľadať ich na LHC, zatiaľ žiadne náznaky

Asymetria medzi hmotou a antihmotou vo Vesmíre

☀ Existuje stabilná antihmota vo Vesmíre ?

- žiadne antijadrá (*napr.*, Antihelium) neboli pozorované v kozmických lúčoch (relatívna horná hranica BESS: $< 10^{-6}$)
- žiadne kozmické γ žiarenie z anihilácie nukleónov a antinukleónov z hraničnej oblasti medzi hmotou a antihmotou

Balloon-borne Superconducting Solenoidal (BESS) spectrometer

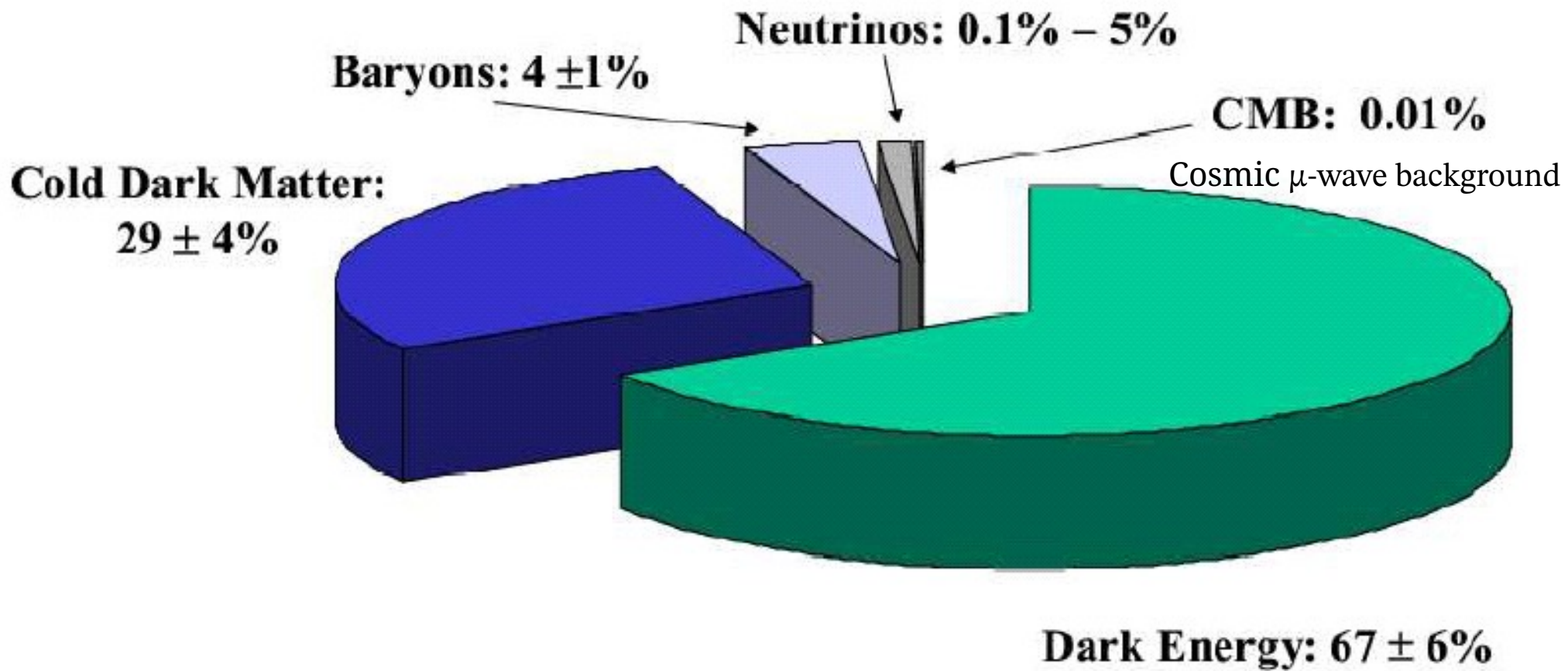


Žiadne svedectvo o prítomnosti antihmoty v našej časti Vesmíru (~ 20 Mpc = 0.6×10^8 sr)

- **Pravdepodobne: žiadna antihmota v našom Vesmíre**
(odhliadnúc od antihmoty dynamicky vytvorenej v zrážkach častíc)

Hľadať príčinu
asymetrie na
LHC

Zloženie Vesmíru



The standard model of cosmology

Tmavá hmota vo Vesmíre



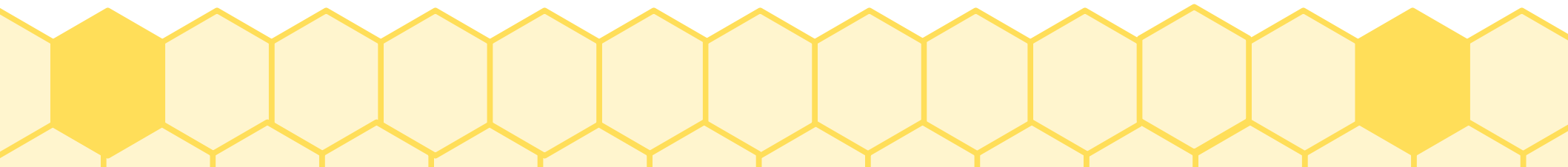
Astronómovia tvrdia, že prevažná časť hmoty vo Vesmíre je neviditeľná „tmavá hmota“

‘Supersymetrické’ častice?

Hľadať ich na
LHC

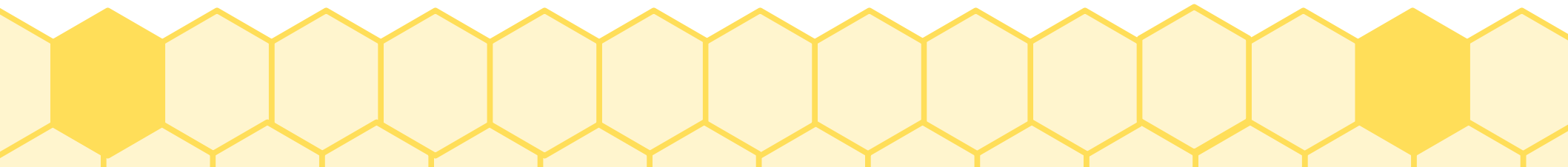
Účasť košických skupín, ČSR/SR → CERN

- Heavy ion
- 1983 letná škola CERN-Dubna v Táboře
- DG CERN-u Herwig Schopper, Lanškroun
- Jednanie s Vladimírom Hajkom a Michalom Semanom
- Ch. Fabjan, neformálna spolupráca na NA34 (HELIOS) pracovníci ÚEF SAV : M. Seman, L. Šándor, J. Antoš, D. Bruncko, I. Králik



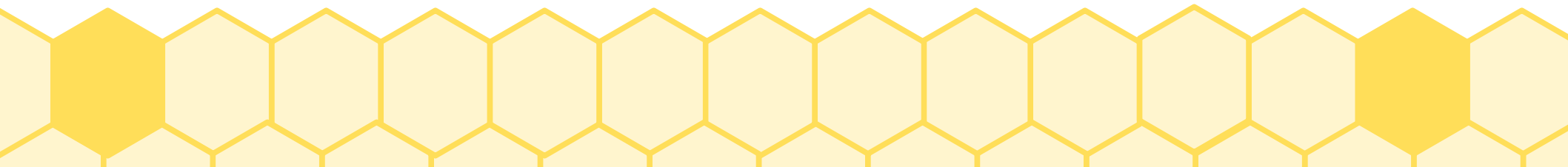
Účasť košických skupín, ČSR/SR → CERN

- Experiment NA34, produkcia dileptónov v pBe, @ 450 GeV, pW, SW @ 200 AGeV
- Zvýšená produkcia dimiónov v AA zrážkach okolo 1,6 GeV/c², v pA je súhlas so známymi štandardnými zdrojmi



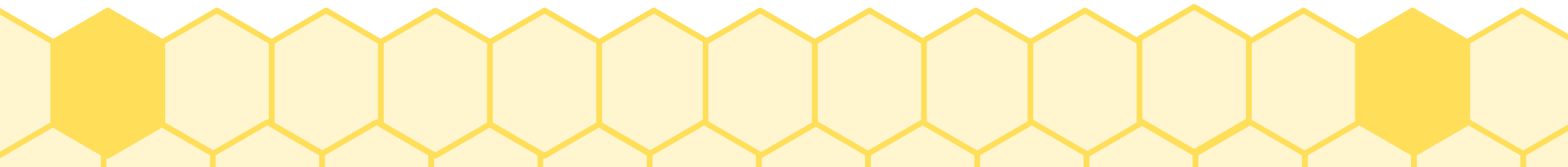
Účasť košických skupín, ČSR/SR → CERN

- K. Šafařík, Collège de France, Paríž, WA-85, SW @ 200 AGeV
- Séria 4 experimentov WA85(SW) a WA94(SS @ 200 AGeV) , WA97 (pBe, pPb a PbPb) @ 158 A GeV, NA57 (pBe, PbPb @ 158 AGeV & @ 40 AGeV)
- zvýšená produkcia podivných hadrónov v centrálnych PbPb pri 158 AGeV voči porovnaní s pPb pBe
- prevýšenie rastie s podivnosťou hyperónu, dosahuje hodnotu ~20 pre Ω , obsahujúci 3 podivné valenčné kvarky



Účast' košických skupín, vstup ČSR/SR do CERN-u

- Skupina H1 OSF ÚEF SAV
- 1987 vstup do H1 na urýchľovači HERA, DESY, Hamburg, e^+p zrážky
- Výroba a testy čítacích elektród hadronového kalorimetra, návrh a testy triggera zo signálov z BEMC kalorimetra, rekonštrukčný balík pre BEMC/SPACAL
- štruktúrne funkcie protónu pre malé hodnoty Bjorkenovho x
- J. Antoš, M. Seman, J. Bán, D. Bruncko, J. Ferencei, P. Murín, T. Kurča, F. Tomasz, J. Špalek, F. Kriváň a R. Maráček
- ASCOT ↔ H1, EAGLE&ASCOT → ATLAS, Lol+, 1992

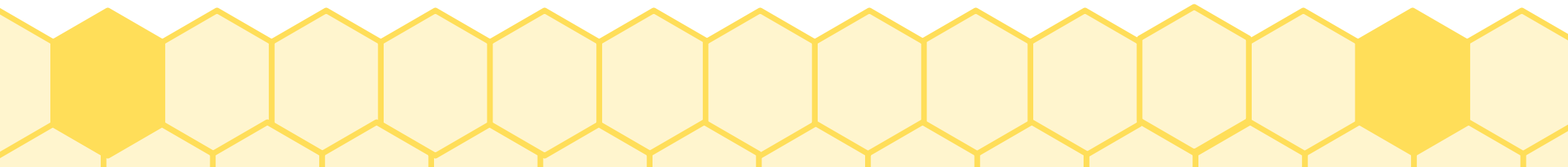


Vstup ČSR do CERN-u

- Január 1990, pri Rade ČSAV pre zahraničné styky v Prahe, predseda prof. Jiří Niederle vzniká Komisia pre spoluprácu Československa s CERN-om: predseda Vladislav Šimák, podpredseda Ladislav Šándor
- 26. – 27. marca 1990 delegácia ČSAV do CERN-u, podpísaná rámcová dohoda o spolupráci medzi CERN-om a ČSAV
- DG Carlo Rubbia naznačil: možnosť uchádzať o plné členstvo za mimoriadne výhodných podmienok, symbolická platba členského príspevku cca 1,3 milióna CHF ročne s postupným nárastom na jeho nominálnu hodnotu.
- November 1990 prezident Václav Havel navštívil CERN
- Január 1991 audit: Walter Hoogland a Owen Lock – navštívili pracoviská

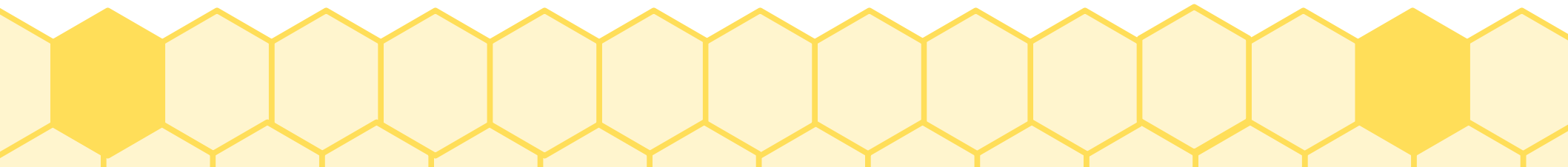
FVE v ČSR

- 25. októbra 1991 podpis Aide-mémoire, prezident Rady William Mitchell a DG Carlo Rubbia, za ČSFR prvý námestník federálneho ministra strategického plánovania Milan Jurčeka.
- 20. decembra 1991 jednomyseľne prijala Československo za člena CERN-u s platnosťou od 1. 1. 1992.



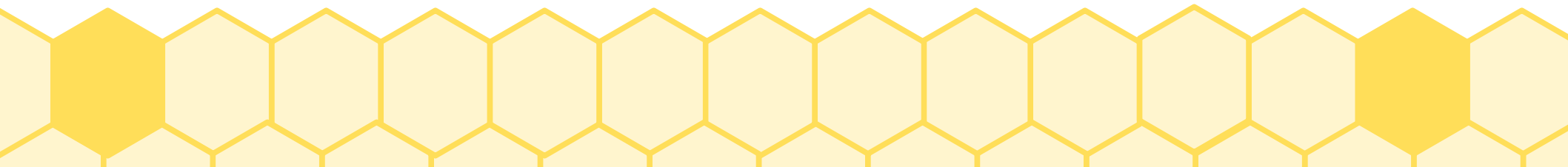
Vstup SR do CERN-u

- Rozpad ČSR, štatút CERN nepočíta s možnosťou automatického uznania členstva nástupníckych štátov a preto členstvá ČR a SR sa museli riešiť štandardnou, ale podstatne skrátanou procedúrou.
- 16. decembra Stála misia ČSFR vedeniu a Rade CERN 2 nóty, oficiálna informácia o zániku ČSFR a vzniku samostatných štátov – ČR a SR a deklarujúce želanie oboch nových štátov byť plným a nezávislým členom CERN-u.



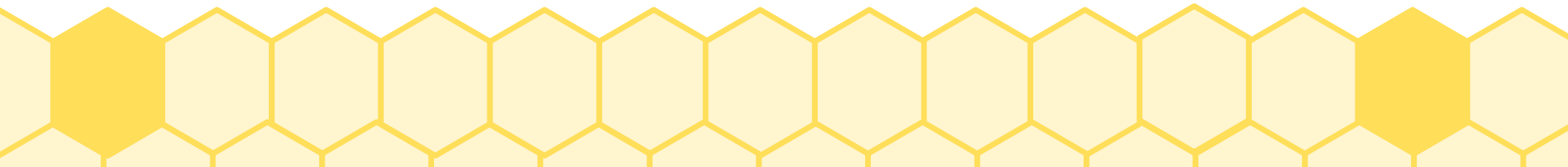
Vstup SR do CERN-u

- 8. decembra bol v CERN-e podpísané Aide-mémoire, SR: Miroslav Musil za MZV a Martin Kedro za Ministerstvo školstva a vedy a CERN: prezident Rady William Mitchell a DG Carlo Rubbia, deklarujúci spoločnú vôľu vykonať kroky potrebné k čo najskoršiemu umožneniu členstva SR v CERN-e za podmienok rozdelenia členských záväzkov ČSFR medzi ČR a SR v pomere 2 : 1.



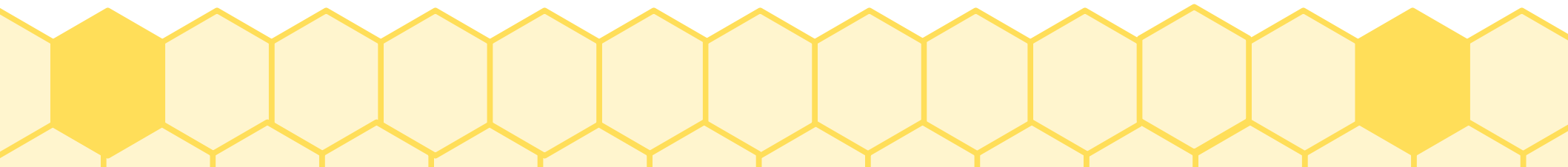
Vstup SR do CERN-u

- Február 1993 FÚ SAV, Bratislava, fyzikálna obec poverá Ladislava Šándora reprezentovať slovenskú fyzikálnu komunitu na príslušných rokovaníach v CERN-e.
- Marec 1993 delegácia SR (Martin Kedro MŠV, Martin Benko misia SR v Ženeve za MZV a L. Šándor) rokovanie o príprave členstva.
- 25 jún 1993 Rada CERN prijala Slovensko za členský štát CERN-u od 1. júla 1993.



Vstup SR do CERN-u

- 26 november 1993 zriadený Výbor pre spoluprácu SR s CERN-om, predseda výboru L. Šándor.
- Prvý členský príspevok 430 000 CHF
- Zabezpečenie účelového financovania účasti SR pracovník v experimentoch

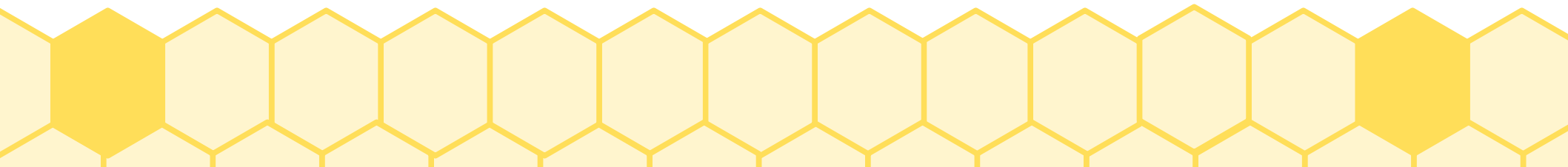


Vstup SR do CERN-u

Zastupovanie SR v orgánoch CERN

Odborný garant spolupráce SR s CERN je MŠVVaŠ súčasne financujúca organizácia-Funding Agency (FA)

- Vedecský delegát v Rade CERN, menuje vláda SR
- Politický delegát v Rade CERN, ex officio je Vedúci stálej misie SR pri OSN a ďalších medzinárodných organizáciách
- Zástupca vo Finančnom výbore CERN-u
- Zástupca v Resource Review Board, zástupca FA
- Zástupca SR v RECFA



Výhl'ady do budoucnosti

- LHC

Run3 nov 2025

Long shutdown (LS3) dec 2025 - jan 2029

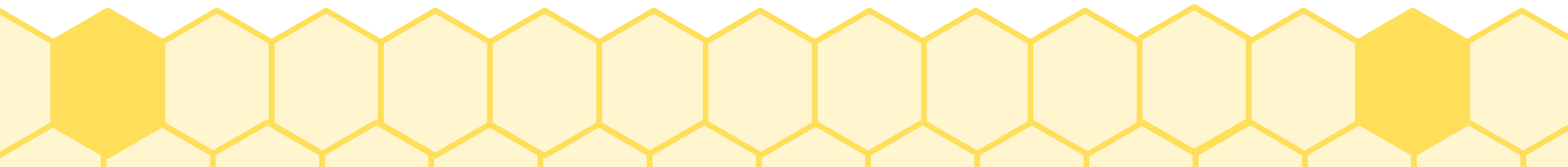
Run4 apr 2030 - nov 2032

Long shutdown (LS4) dec 2032 - jan 2035

Run5 may 2035 - nov 2038

Long shutdown (LS5) dec 2038 - jan 2040

Run6 apr 2040 – nov 2041



Výhledy do budoucnosti

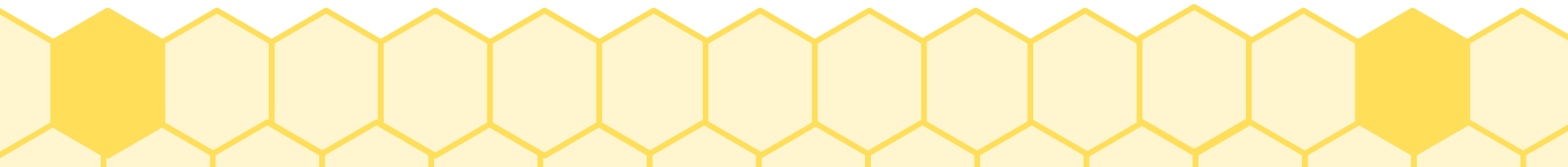
- FCC

FCC-ee vysokoenergetický e+e- zrážáč s velkou luminozitou, ako továreň na Higgs bozóny, t kvarky a elektroslabé častice

luminóza cca $2 \times 10^{36} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, energia 90 až 365 GeV

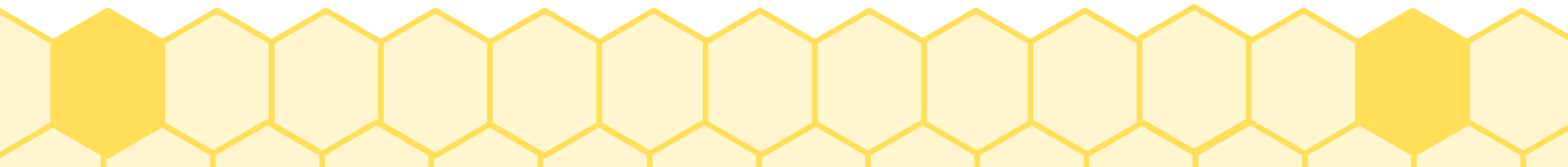
- Rôzne verzie upgrade: 600 GeV, $\mu^+\mu^-$

FCC-hh hadrónový zrážáč s energiou 100 TeV



Výhľady do budúcnosti

- FCC
 - 2025 dokončenie Štúdie uskutočniteľnosti
 - 2027 – 2028 rozhodnutie Členských štátov CERN-u a medzinárodných partnerov
 - 2030 začiatok konštrukcie/stavby
- Obvod 90.7 km
- Priemerná hĺbka 200 m
- 8 východov na povrch
- FCC-hh 100 TeV



Výhl'ady do budúcnosti

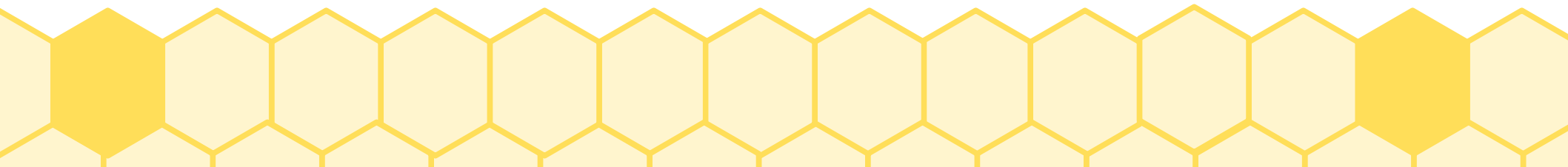
- FCC

FCC-ee 15 rokov od cca 2045 (precízne merania)

FCC-hh 25 rokov od cca 2070 (vysoké energie)

Náklady 15 miliard CHF za 15 rokov za FCC-ee a 4 experimenty

Pracovné kapacity 800 000 človekorokov



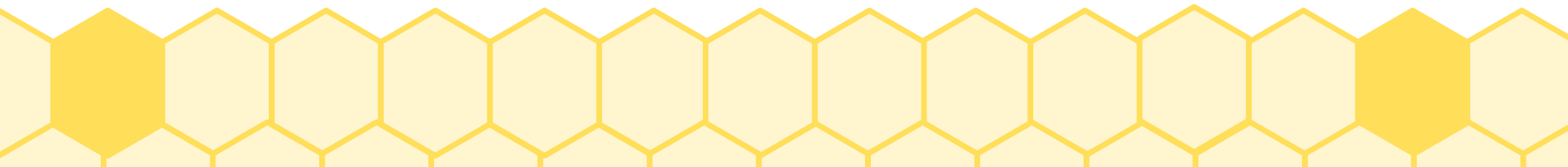
Výhľady do budúcnosti

FCC fyzikálny program

- Úloha Higgs bozónu pri Veľkom tresku
- Vplyv Higgs bozónu na vývoj Vesmíru
- Može Higgs bozón vsvetliť viac

Riešenie môže byť cez niekoľko scenárov za ŠM :

- cez nové, ťažšie častice, nad prahom energie LHC
 - cez nové, ľahšie častice, ktoré interagujú veľmi slabo s časticami ŠM, vyžaduje veľké štatistiky a vysokú citlivosť
- A práve citlivosť a presnosť poskytne FCC-ee a energiu FCC-hh.



Výhledy do budoucnosti



With a circumference of 27 km, the LHC accelerator is located on the border between Switzerland and France. Its successor, the FCC, will be almost four times larger.

CERN'S HUGE RINGS WERE ESTABLISHED OVER 60 YEARS

CERN scientists study the tiniest building blocks of atoms by making particles collide at high speeds and examining the resulting fragments. As physicists have searched for ever rarer particles, the energy of the experiments has been boosted – an so the size of the rings.

Old accelerator is the LHC's workhorse

1 1959 The Proton Synchrotron was the first CERN device that was able to accelerate protons and hence produce much more powerful collisions than previously. Today, it pre-accelerates protons, before they go into the LHC.

- Name: Proton Synchrotron
- Circumference: 628 m
- Highest energy: 28 GeV

Huge ring revealed the weak nuclear force

2 1976 In the Super Proton Synchrotron, protons collide with antiprotons. In 1983, scientists used it to identify the W and Z particles, which are responsible for the weak nuclear force. The discovery earned the Nobel Prize in physics.

- Name: Super Proton Synchrotron
- Circumference: 8,500 m
- Highest energy: 450 GeV

The LHC's predecessor found atom ingredients

3 1989 The LEP was the first accelerator in the tunnel which now includes the LHC. By colliding electrons and positrons, physicists proved that all matter consists of 6 types of quarks, 3 types of electrons, and 3 types of neutrinos.

- Name: Large Electron-Positron Collider
- Circumference: 27,000 m
- Highest energy: 209 GeV

The world's biggest machine solved the mystery of mass

4 2008 In 2012, the LHC accelerator identified the Higgs boson, which provides all other particles with mass by connecting to them. The discovery definitively proved the standard model – the theory describing elementary particles.

- Name: Large Hadron Collider
- Circumference: 27,000 m
- Highest energy: 13,000 GeV

Huge ring to end the search for dark matter

5 2035 CERN's next giant project is to build the Future Circular Collider (FCC). With more than seven times as much energy as the LHC, it is to finally determine if the invisible dark matter consists of twin particles. When the FCC opens, the LHC will become a pre-accelerator, which feeds particles to the new ring.

- Name: Future Circular Collider
- Circumference: 100,000 m
- Highest energy: 100,000 GeV

È Finita la Commedia

Ďakujem za pozornosť a trpezlivosť!

