

Co se stane, když se na LHC srazí dva protony

V. Novák, Gymnázium Dr. Hrdličky, Humpolec, killream@seznam.cz

J. Lukeš, Gymnázium Českolipská, Praha 9, lukes.jakub@gmail.com

M. Večeřa, Gymnázium Jeseník, Jeseník, mymail.vecera@seznam.cz

Abstrakt:

Práce shrnuje teoretické výsledky, ke kterým může docházet při srážkách dvou částic s vysokou energií v urychlovači částic. Tento urychlovač je stavěn ve vědecko-výzkumném centru CERN nedaleko Ženevy ve Švýcarsku.

1 Úvod

Urychlovač částic má urychlovat dané částice ve dvou prstencových dráhách nad sebou a následně nechat dvě urychlené částice, aby se srazily. Otázkou je, jestli jejich srážka bude podobná například srážce dvou biliardových koulí (tj. vyletí znovu dva protony?). Tato práce shrnuje závěry při pozorování srážek

- proton + proton při 200 GeV
- proton + antiproton při 200 GeV
- proton + proton při 14 TeV

S tím, že $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \rightarrow \text{MeV} = 10^6 \text{ eV}$, $\text{GeV} = 10^9 \text{ eV}$, $\text{TeV} = 10^{12} \text{ eV}$.

Pro pozorování je třeba si uvědomit, že protony a neutrony nejsou elementární částice, nýbrž se skládají z dalších částic, kvarků a gluonů. Dále existují i jiné částice, například gama záření, gravitony, higgs částice, π mezony, λ částice a také třeba pozitrony. Některých částí existují i více druhů, například π mezonu existují tři druhy a $\pi^0 \pi^+ \pi^-$. Některé částice podléhají samovolnému rozpadu a jiné jsou stabilní.

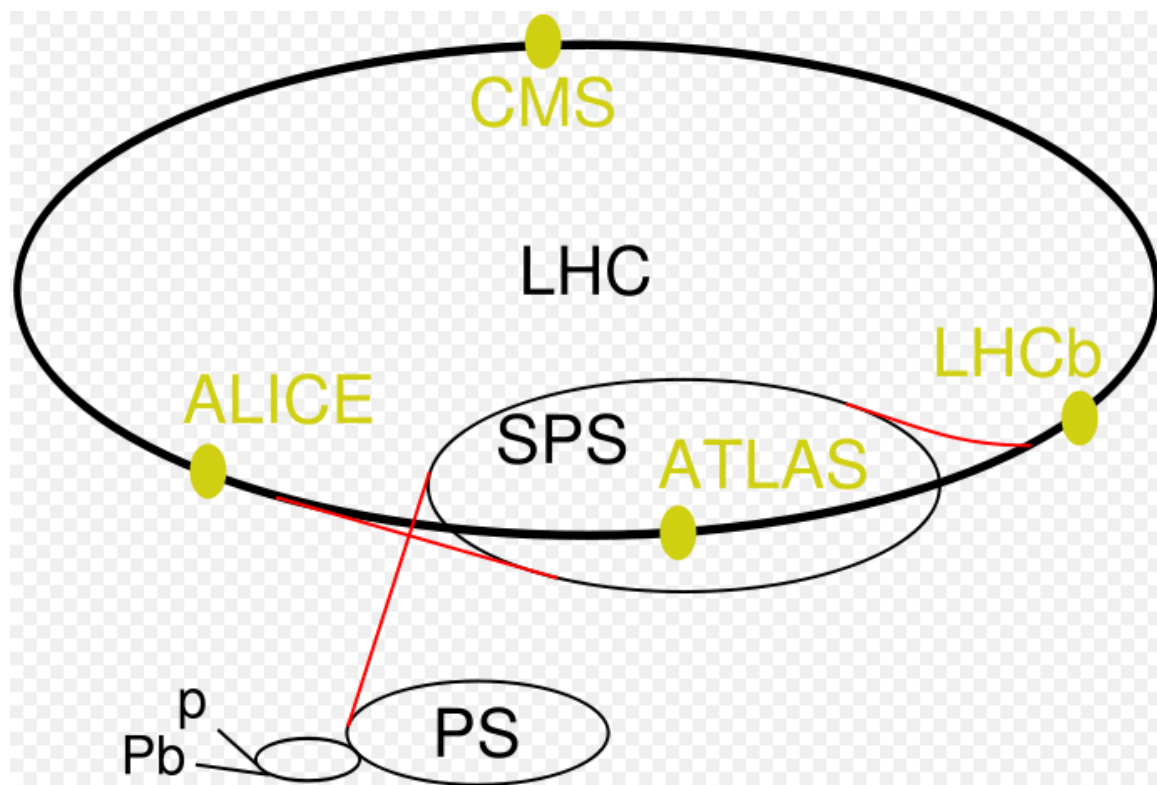
2 Large Hadron Collider

Neboli Urychlovač částic. Toto zařízení se nachází v podzemním komplexu vědecko-výzkumného centra CERN na hranicích Švýcarska a Francie nedaleko švýcarského města Ženeva. Na výrobě a financování LHC se podílí přes 2000 vědců ze 34 zemí. Komplex se nachází 50 – 150 metrů pod zemí a LHC je instalován v kruhovém obvodu 27 km.

Částice budou urychlovány na menších urychlovačích a při dostatečném zrychlení budou vstříknuty do LHC. Při dosažení požadované rychlosti se tyto částice pošlou proti sobě a bude se sledovat, co se při jejich srážce stane. Urychlování se děje na základě změny smeru proudu v tunelech, do kterých je částice vpuštěna. Částice je přitahována opačným nábojem a odpuzována nábojem identickým. Díky střídavému elektrickému proudu, lze dosáhnout této změny elektrického pole. V momentě, kdy částice vstupuje do tunelu, tak ji do něj táhne opačný náboj. Po vstupu do tunelu střídavý proud změni elektrické pole tunelu a tak na

začátku je náhle stejný náboj a ten částici odpuzuje a na konci tunelu je náboj opačný a ten tu částici přitahuje. Zakřivování trajektorie částic se děje pomocí magnetického pole a částice během působení tohoto pole nejsou zrychlovány a v našem pokusu zanedbatelně zpomalovány.

V tunelu jsou umístěny čtyři pozorovací stanice, kde se tyto částice budou srážet, a bude se zjišťovat, co se při srážkách děje a jaké nové produkty vznikají. Tyto stanice se nazývají ALICE, ATLAS, LHCb a CMS.



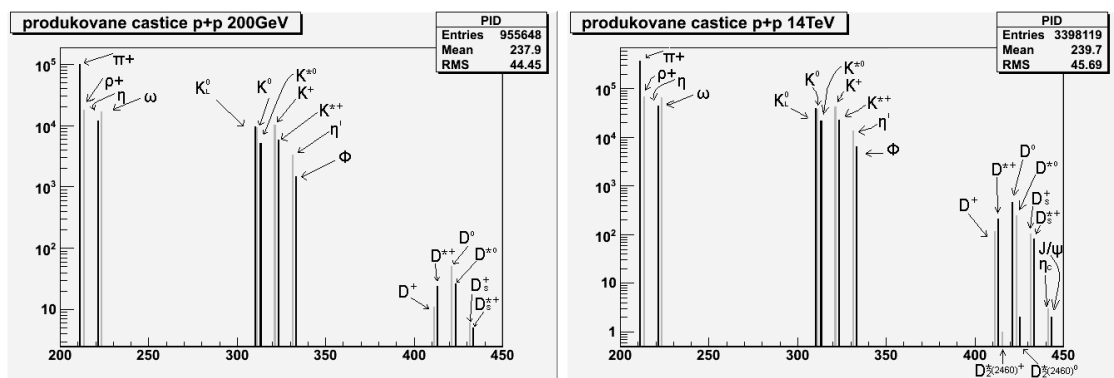
3 Průběh pokusu

Před započnutím srážení částic, jsme si ukázali, z čeho všeho se skládá hmota. Dále jsme si museli uvědomit, že z energie může vznikat hmota. A na konec jsme si vysvětlili, jak se budou částice urychlovat, a tím tedy získávat energii a jak se bude ovlivňovat jejich trajektorie.

Pro simulaci srážek byl využit program PYTHIA 8.108. Zde jsme zadali potřebné parametry jako typ částice a jejich energii. Program nám vypsal výsledky pokusu při zadaných parametrech. Z těchto údajů jsme zjišťovali další informace, jako například kolik kterých částic vzniklo a které z nich mají největší energii. Následně jsme spočítali, kolik procent energie bylo spotřebováno pro tvorbu pětice nejenergičtějších částic.

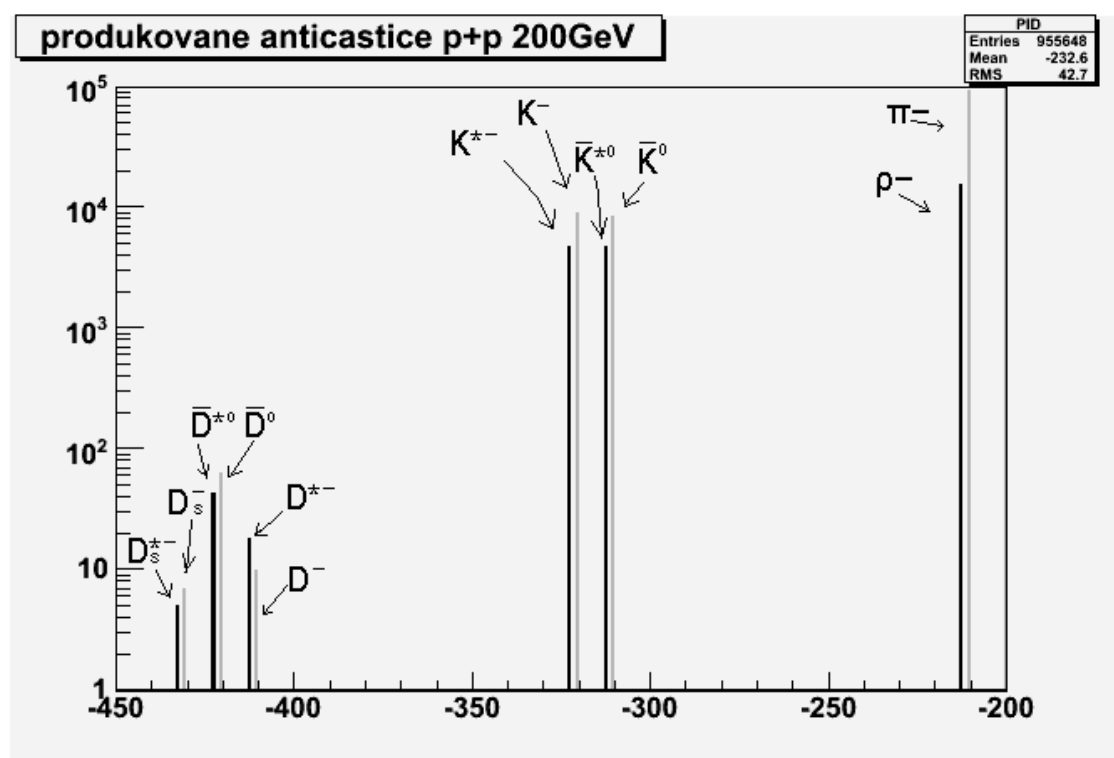
Po vyhodnocení některých údajů jsme za použití programu ROOT vytvořili histogramy, každý pro 10 tisíc simulací srážek se stejným parametrem.

Na další stránce následuje výsledek histogramu srážky protonu s protonem při energii 200 GeV a pro srovnání 14 TeV.



Z grafů vyplývá, že při větších energiích vznikají i částice, které při nižších energiích vůbec nevznikaly.

Následný graf ukazuje záporné částice vytvářené při srážce dvou protonů s energií 200 GeV



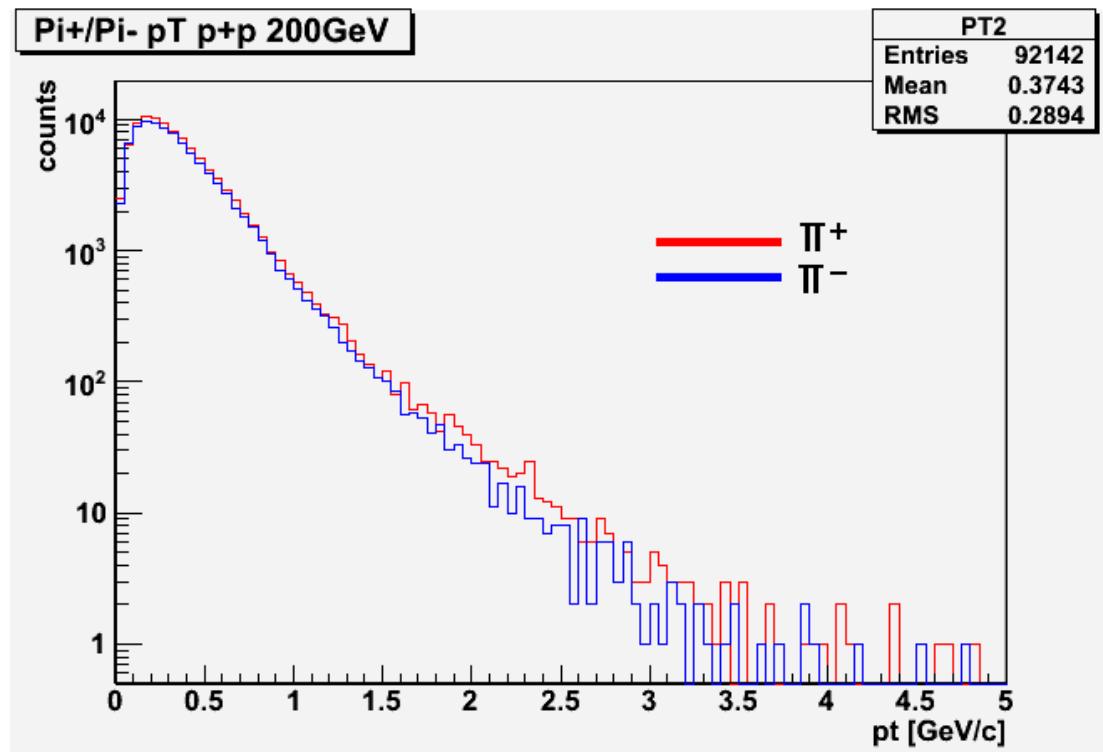
Shrnutí měření

Měření	Počet částic	Počet nabitých částic	Celková energie prvních pěti	% zastoupení E prvních 5 v systému
p+p při 200 GeV	70	24	106.361	53.18%
p+pbar při 200 GeV	63	36	82.921	41.46%
p+p při 14 TeV	189	77	5395.384	38.54%

Výskyt částic

Měření	π^+	π^-	nbar0	n0	K+	K-	Pbar	p+	e-	e+	γ	K_L0
p+p při 200 GeV	8	7	2	2	1	2	2	4	0	0	41	1
p+pbar při 200 GeV	13	15	1	1	3	5	0	0	0	0	24	5
p+p při 1.4 TeV	35	33	1	4	2	2	2	1	1	1	107	0

Následuje graf srovnávající zastoupení π^+ a π^- pro dané energetické hodnoty ze srážky při energii 200 GeV.



4 Shrnutí

Když se srazí dvě částice, tak se to opravdu nepodobá avizovaným dvou sraženým biliardovým koulím. Protože při srážce dvou biliardových koulí nevznikají nové koule. V našem případě vznikly nové částice. Při našem teoretickém pokusu se nejvíce vyskytovanou částicí stala γ částice, která má pouze energii a žádnou hmotnost. Dále se vyskytovala ve velké míře také π^+ a π^- částice.

Při srážce vzniká velké množství jiných částic, které mají větší či delší dobu trvání, a které se také dále srážejí a produkují další a částice.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Mgr. Jaroslavu Bielčíkovi za podporu, zaškolení a následné osvětlení problematiky. Také ČVUT za organizaci Fyzikálního týdne, za umožnění práce na jejich počítačích a umožnění použití jejich prostor.

Reference:

- [1] Josef Žáček: Úvod do fyziky elementárních částic; Nakladatelství Karolinum 2005; str.11
- [2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Large_Hadron_Collider
- [3] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Particles/quark.html>