

L'esperimento ALICE

M. Bregant



LCH, non solo p-p

- Energia dei fasci: 7xZ/A TeV (limitata dai magneti)
- Per fasci di Pb: 2.75 TeV per nucleone
- posso avere interazioni multiple, quindi una considervole parte dell'energia "viene messa in gioco"
- Nel caso di urto frontale centinaia di TeV e migliaia di partoni concentrati in ~1000 fm³!
- Ho la possibilità di esplorare un nuovo stato della materia nucleare.

Le fasi della materia nucleare



linee guida teoriche: QCD su reticolo



Nella QCD su reticolo, problemi non perturbativi sono trattati su un reticolo (spazio discreto, problema "trattabile") Indicazione di una transizione da Hadron Gas a QuarkGluonPlasma a $T_c \cong 170 \text{ MeV } \epsilon_c \cong 1 \text{ GeV/fm}^3$

- vera transizione di fase o crossover?
- una fase intermedia di QCP fortemente interagente?
- Ripristino della simmetria chirale?
- Constituent mass → current mass



Heavy-ion collisions

QCD predice che la materia adronica subisce una transizione di alla temperatura di critica T \sim 150-180 MeV, dando luogo a un nuovo stato deconfinato di quark e gluoni: il Quark Gluon Plasma (QGP).

La densità di energia necessaria è molto elevata e può essere raggiunta solo con collisioni centrali di nuclei pesanti SPS, RHIC e LHC possono raggiungere tale energia, ma poi si deve cercare degli osservabili, degli "indicatori" caratteristici del fenomeno.



Nucleus-Nucleus collision: a process







Condizioni iniziali: geometria della collisione



Eventi Au-Au. Energia CM E~ 130 A-GeV



Evento periferico



 $color code \Rightarrow energy loss$

Eventi Au-Au, Energia CM E~ 130 A-GeV



$color code \Rightarrow energy loss$

Evento semi-centrale



Eventi Au-Au, Energia CM E~ 130 A-GeV

Evento Centrale



color code ⇒ energy loss

Cosa guardare?? Incremento di stranezza



- la formazione di QGP dovrebbe causare un'aumento del numero (relativo) di particelle con stranezza, in quanto:
 - Pauli Blocking
 - Diminuizione della massa del quark s
- un incremento di stranezza single-strange (particelle con un'unico quark s) già osservate in collisioni A-A a relativamente bassa energia
- al SPS si è osservato un aumento delle particelle "Multi-strange"
- •ciò è piuttosto difficile da spiegare senza QGP



 la densità nella zona centrale è tale che quel volume è "opaco" (fortemente intergente).
 Solo il partone più vicino alla superficie dà luogo a un Jet. L'altro "viene riassorbito" nel mezzo.



ALICE Physics goals

(ovvero, vorremmo investigare tutto con un solo esperimento!)

- Osservabili globali: • Deconfinamento: Molteplicità, distribuzioni in η spettroscopia del charmonium e • Gradi di libertà in funzione di T bottonium rapporti tra adroni e loro spettro, •Ripristino della simmetria chirale: continuum dei dileptoni, fotoni diretti nrapporto neutri/carichi, • Prime evidenze di fenomeni collettivi: •Fenomeni di fluttuazione phenomena flusso comportamento critico: ellittico studio evento per evento di • Perdita di energia dei partoni nel composizione e spettro delle particelle quark gluon plasma: • collisioni p-p in un nuovo range di jet quenching, spettro energie. ad alto p_t, open charm and open Ampia copertura in momento Grande accettanza
- > Buone capacità di tracciamente
- Trigger selettivo
- > Ottima granularità

- P.I.D. di adroni e leptoni
- > Buona ricostruzione di vertici sec.
- Rivelazione di fotoni

Uso di diverse tecniche sperimentali!









































Tracciamento



- > dN/dη|_{max}~4000 ➡il tracciamento è la sfida principale!
 > Requirements (TPC+ITS):

 - Risoluzione in momento (dp/p) ~ 1÷2% per bassi momenti, alcuni % a 5 GeV/c e ancora O(10%) a 50 GeV/c o più (per i Jets)
 - Buona ricostruzione del vertice: V0, charm
 - Identificazione delle particle (dE/dx, kinks)

Quindi: molti punti ad alta risoluzione, vero 3D tracce lunghe, in un campo magnetico moderato, usando meno materiale possibile



Inner Tracking System Requirements: •Vertex resolution < 100 µm (Charm, Hyperons) •Acceptance down to 100 MeV/c •Improvement of p_{T} from outter tracker •Particle densities up to 80/cm² •Low mass (γ conversion, multiple scattering)







Inner Tracking System

2 layers of Silicon Pixel Detectors R=3.9 cm; 7.6 cm dN_{ch}/dx²~ 80 particles/cm²

2 layers of Silicon Drift Detectors R=14.9 cm; 23.8 cm dN_{ch}/dx²~ 5 particles/cm²

2 layers of Silicon Strip Detectors R=38.5 cm, 43.6 cm dN_{ch}/dx²~ 1 particle/cm²



L1,L2: Silicon Pixel Detector

- 60 staves, 240 modules
- 40960 chs. per module
- cell size (rφ,z): 50 x 425 μm²
- spatial resolution (r ϕ) 12 μ m
- spatial resolution (z) 100 μm





L3,L4:Silicon Drift Detector



- 36 ladders, 260 modules
- 2 x 256 chs. per module
- cell size (rφ,z): 294 x 150 μm²
- spatial resolution (rφ) 35 μm
- spatial resolution (z) 23 μm





L5,L6: Silicon Strip Detector



• 72 ladders, 1698 modules

Ladder,

top

Ladder, bottom

SSD module

II DI U

sensore a microstrip





sensore a microstrip





sensore a microstrip





Inner Silicon Tracker







ITS Russian Dolls - Sliding the SSD/SDD over the SPD



ALICE TPC



- Optimized for $dN/d\eta \approx 8000$
 - I = 5 m, Ø = 5.6m, 88 m3,
 570 k channels,
 - up to 80 Mbytes/event (after 0 suppression)
- Features:
 - lightweight: 3% X₀ total material for perpendicular tracks
 - Drift gas:Ne (86) / CO₂ (9.5) / N₂
 (4.5) + ~1ppm O₂
 - novel digital electronics (ALTRO)
 - highly integrated, digital shaping; tail cancellation;0-suppression; Baseline restoration
 - Powerful laser calibration system











One collision : Pb+Pb @ 5.5 TeV



Reconstruction strategy

- Main challenge Reconstruction in the high flux environment (occupancy in the TPC up to 40%) requires a new approach to tracking
- Basic principle Maximum information approach
 - Use everything you can, you will get the best
- Algorithms and data structures optimized for fast access and usage of all relevant information
 - Localize relevant information
 - Keep this information until it is needed



Tracking strategy – Primary tracks

- Incremental process
 - Forward propagation towards to the vertex **TPC⇒ITS**
 - Back propagation ITS⇒TPC⇒TRD⇒TOF
 - Refit inward TOF⇒TRD⇒TPC⇒ITS
- Continuous seeding
 - Track segment finding in all detectors

Combinatorial tracking in ITS

ITS

TOF

TRD

TPC

- Weighted two-tracks χ^2 calculated
- Effective probability of cluster sharing
- Probability not to cross given layer for secondary particles





Allineamento e calibrazione

- La risposta dei rivelatori va "calibrata"
 - Al momento della costruzione
 - Durante il funzionamento della macchina
- La posizione dei rivelatori non è perfettamente determinata
 - Misurazioni al momento dell'installazione
 - Correzioni tramite le tracce ricostruite
- La gestione dei files è un problema in sè



I dati di LHC

- 40 milioni di collisioni al secondo
- Dopo il filtraggio, 100 collisioni interessanti al secondo
- Da 1 a 12 MB per collisione ⇒ da 0.1 a 1.2 GB/s
- 10¹⁰ collisioni registrate ogni anno
- ~ 10 Petabytes ($10^{15}B$) per anno
- I dati di LHC data corrispondono a 20 milioni di CD all'anno!





