

TESTO POSTER NOTTE DEI RICERCATORI 2014 (dappertutto Copyright CERN)

Ipotesi di Percorso

1. Il CERN
2. Acceleratori e Rivelatori
3. La fisica al CERN
4. La ricaduta della ricerca al CERN
5. La storia del CERN
6. I fisici di Trieste al CERN (fino agli anni 2000)

Gli esperimenti attuali (ATLAS, CMS, ALICE, nTOF, COMPASS) al CERN

7. ATLAS
8. CMS
9. ALICE
10. nTOF
11. COMPASS

Extra Percorso

12. EU

POSTER 1 IL CERN

CERN Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare

Ricerca: risposte a domande fondamentali sull'Universo, di cosa è fatto? Come è evoluto sino ad oggi?

Riunisce circa 10 000 scienziati da più di 110 Paesi; il CERN è un laboratorio per il mondo

Spinge i confini della tecnologia e dell'ingegneria

Forma i giovani scienziati e ingegneri che saranno gli esperti di domani

Il CERN (Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare) fu fondato nel 1954. Da allora è diventato un modello di collaborazione internazionale che conta oggi 20 stati membri. E' il laboratorio di fisica delle particelle più grande del mondo e si trova a cavallo della frontiera franco-svizzera, nei pressi di Ginevra.

POSTER 2 – Acceleratori e rivelatori

Al CERN i fisici studiano la materia utilizzando gli acceleratori di particelle, macchine che accelerano i fasci di particelle fino a farli collidere l'uno contro l'altro oppure contro un bersaglio. Nelle collisioni, l'energia in gioco è molto grande e questo permette di ricreare in laboratorio condizioni simili a quelle esistenti pochi istanti dopo il Big Bang.

Gli acceleratori utilizzano intensi campi elettrici per dare energia ai fasci di particelle e campi magnetici per guidare i fasci nella macchina. Gli acceleratori più grandi sono circolari. Al loro interno, le particelle sono guidate da campi magnetici. In questo modo le particelle possono acquistare ad ogni giro sempre più energia.

Al CERN è installata la macchina più potente mai realizzata finora, il Grande Collisore di Adroni, o LHC (dall'inglese Large Hadron Collider). Questa macchina è installata in un tunnel di 27 km di circonferenza costruito per ospitare la macchina precedente, il Grande Collisore di Elettroni e Positroni, o LEP (dall'inglese Large Electron Positron collider). Studiando le collisioni che avvengono ad energie mai raggiunte prima, i fisici faranno nuovi progressi nella comprensione dei misteri del nostro Universo.

I rivelatori di particelle registrano ciò che avviene quando le particelle collidono. Le collisioni ad alta energia producono molte nuove particelle. L'energia si trasforma in materia secondo l'equazione di Einstein, $E=mc^2$, dove E è l'energia, m la massa e c la velocità della luce.

I vari "strati" del rivelatore misurano le diverse proprietà delle particelle prodotte nelle collisioni. I rivelatori di traccia danno informazioni sul percorso delle particelle dal punto di collisione verso l'esterno del rivelatore. Altri strati, chiamati calorimetri, misurano l'energia delle particelle. Un magnete costruito intorno al centro del rivelatore, curva la traiettoria delle particelle cariche ed aiuta così ad identificare il tipo di particella.

POSTER 3 La Fisica al CERN

Il CERN è un laboratorio dove gli scienziati collaborano per studiare i costituenti fondamentali della materia e le forze che li tengono insieme.

I costituenti fondamentali della materia sono particelle minuscole, molto più piccole degli stessi atomi. Quattro tipi diversi di particelle elementari sono sufficienti a formare tutta la materia che ci circonda: il quark up, il quark down, l'elettrone e il neutrino dell'elettrone.

In natura esistono altri tipi di particelle elementari, per esempio quelle presenti nei raggi cosmici. I raggi cosmici sono sciame invisibili di particelle generate quando altre particelle molto energetiche, provenienti dallo spazio profondo, entrano in contatto con l'atmosfera terrestre. In totale esistono dodici tipi di particelle che formano due grandi gruppi: i quark e i leptoni (particelle simili all'elettrone).

Varie forze agiscono tra le particelle. La forza forte, la forza elettromagnetica e la gravità uniscono le particelle per formare strutture composte, dagli atomi invisibili alle immense galassie formate da milioni di stelle. La forza debole invece, trasforma particelle e atomi da un tipo ad un altro, come accade nelle reazioni nucleari che alimentano il sole. Le forze stesse sono "mediate" da particelle che sono diverse da

quelle che costituiscono la materia. Le particelle che “mediano” le forze esistono per un tempo brevissimo, quanto basta per trasmettere l’informazione da una particella di materia ad un’altra.

TESTO SUL BOSONE DI HIGGS → MISSING

POSTER 4 Le ricadute della Ricerca al CERN

Il CERN è il centro di ricerca in fisica delle particelle più grande del mondo, con molti acceleratori interconnessi che forniscono molti tipi di particelle a diversi esperimenti.

Il CERN produce una grande varietà di fasci di particelle, compresi muoni ad alta energia per studiare la struttura del protone, ioni pesanti per creare nuovi stati della materia e fasci di ioni radioattivi per osservare nuclei esotici.

Il CERN produce anche fasci di antiparticelle che sono i costituenti dell’antimateria, una sorta di “immagine speculare” della materia ordinaria. Ci sono attualmente diversi esperimenti che studiano l’antimateria al CERN.

Grazie ad una ricerca così avanzata, il CERN favorisce grandi progressi tecnologici. I risultati possono avere applicazioni molto vaste, dall’informatica alla scienza dei materiali.

Il World Wide Web fu inventato al CERN per facilitare la comunicazione tra i fisici di tutto il mondo. Attualmente il CERN sta coordinando le attività per creare il Grid, una “griglia” di computer collegati a livello mondiale attraverso reti di comunicazione. Il Grid costituirà un’enorme potenza di calcolo.

I lavori di ingegneria per il CERN, in particolar modo nel campo della criogenia, della superconduttività, della tecnologia del vuoto, della microelettronica e dell’ingegneria civile, permettono alle aziende di acquisire un’esperienza che potranno poi utilizzare altrove.

I rivelatori di particelle inventati al CERN sono utilizzati in tecniche di diagnostica medica.

POSTER 5 La Storia del CERN

1954 : fondazione del CERN

1957: Entra in funzione il Sincrociclotrone (SC), il primo acceleratore

1959: Entra in funzione il sincrotrone a protoni (PS)

1968: George Charpak inventa la camera a fili proporzionale (Premio Nobel 1992)

1971: Entra in funzione il primo collisore di protoni (ISR)

1973: Scoperta delle cosiddette “correnti neutre”. La prima conferma della teoria elettrodebole

1976: Entra in funzione il Super Sincrotrone a Protoni (SPS)

1983: Scoperta delle particelle W e Z. Premio Nobel a Carlo Rubbia e Simon van Der Meer nel 1984

1989: Entra in funzione il grande collisore di elettroni-positroni (LEP); conferma dell'esistenza di tre tipi di neutrini

1989: Tim Berners-Lee inventa il World Wide Web

1993: Risultati sulla violazione di CP, una piccola differenza tra materia e antimateria

1995: L'anti-idrogeno viene osservato per la prima volta

1999: Inizia la costruzione del grande collisore di adroni LHC

2000: Creazione di un nuovo stato della materia, il plasma quark-gluoni, esistito probabilmente nei primi istanti dell'Universo

2002: Primi risultati sugli atomi di anti-idrogeno

2004: Inaugurazione del Globo della Scienza e dell'Innovazione, esposizione permanente al CERN

2008: Primofascio nell'LHC

2010: Prime collisioni all'LHC

2012: Annuncio da ATLAS e CMS dell'evidenza di una particella consistente con il bosone di Higgs

2013: Conferme ulteriori della scoperta del Bosone di Higgs. Premio Nobel a Francois Englert e Peter Higgs.

2014: Celebrazioni per il 60 anniversario del CERN.

POSTER 6 La sezione di Trieste al CERN (sino a LEP) – Copyright INFN (di G.Barbiellini Amidei)

L'attività dei ricercatori di Trieste al CERN ha un'antica tradizione. Nel 1957, presso l'allora Istituto di Fisica dell'Università degli Studi di Trieste, Paolo Budinich fondò la Sottosezione di Trieste dell'INFN, dipendente da quella di Padova, una delle sezioni madri dell'ente. Sotto l'egida dell'INFN poté iniziare nel 1958 una linea di ricerca in fisica nucleare con fasci di pioni prodotti dal Sincrociclotrone (SC).

Qualche anno dopo, si formò un gruppo di ricerca che lavorava sull'analisi di fotogrammi ottenuti dall'esposizione della camera a bolle (81 cm) di Saclay al primo fascio separato di antiprotoni prodotto al Protosincrotrone (PS). Al tempo stesso, venne avviata un'attività sperimentale con tecniche elettroniche.

Al PS il "Gruppo CERN-Trieste" eseguì negli anni '60 una serie di esperimenti, studiando tra l'altro decadimenti radiativi dei mesoni vettoriali, la diffusione di pioni e protoni su nuclei leggeri interpretata nell'ambito della teoria di Glauber. Misure con fasci di pioni su bersaglio di protoni polarizzati contribuirono anche alla fenomenologia dei cosiddetti poli di Regge. Nel frattempo, continuava ormai indipendente l'attività al PS con camere a bolle: obiettivo principale le risonanze adroniche prodotte su idrogeno e deuterio da fasci di mesoni K ed antiprotoni.

Con la costruzione del SuperProtoSincrotrone (SPS), l'attività di Trieste al CERN si diversificò. La linea di ricerca sugli effetti di spin nelle interazioni adroniche utilizzò fasci di pioni e protoni prodotti dal SPS su bersaglio di protoni polarizzati (esperimento WA6). Il gruppo di camera a bolle, inserito nella collaborazione EHS (European Hybrid Spectrometer), partecipò agli esperimenti NA13 e NA27, che permisero la rivelazione diretta di decadimenti di particelle "charmate" in una mini-camera a bolle utilizzata come rivelatore di vertice. Nello stesso periodo, venne anche inserito nella collaborazione FRAMM l'esperimento NA1 che studiò al SPS la fotoproduzione di particelle con "charm".

Due gruppi sperimentali particolarmente attivi al CERN hanno partecipato alla progettazione e realizzazione di due apparati sperimentali attualmente in funzione, con gran successo l'anello di accumulazione di elettroni e positroni al LEP. Le due collaborazioni sono ALEPH-TS e DELPHI-TS. Gli stessi gruppi attualmente contribuiscono all'analisi dati. Gli interessi della collaborazione ALEPH-TS sono rivolti alla fisica delle interazioni elettrodeboli nei decadimenti della Z0 in leptoni tau, e per DELPHI-TS alla fisica degli stati finali adronici originati da quark leggeri.

In anni più recenti, la linea di ricerca sugli effetti di spin nelle interazioni adroniche ha esplorato al LEAR, con fasci intensi di antiprotoni di bassa energia, parametri di spin e sezioni d'urto in una varietà di processi (diffusione elastica, anelastica, con scambio di carica), per poi rivolgersi allo studio delle funzioni di struttura nucleoniche dipendenti dallo spin nella diffusione fortemente anelastica di muoni (esperimento SMC(NA47) al SPS).

Ricercatori della Sezione di Trieste partecipano anche ad un esperimento, condotto da una collaborazione nazionale (collaborazione OBELIX), che ha per scopo lo studio dell'interazione di antiprotoni e antineutroni con nuclei. Il programma scientifico dell'esperimento, eseguito utilizzando un fascio di antiprotoni nel LEAR ed un rivelatore di grande accettazione e alta risoluzione (spettrometro OBELIX), è illustrato ... MISSING

I ricercatori della Sezione di Trieste si interessano, in particolare, di misure concernenti il fenomeno delle annichilazioni ritardate di antiprotoni in ^4He .

Iniziata negli anni '50 con pochi mezzi finanziari e limitate capacità realizzative sul piano tecnico, l'attività sperimentale di Trieste come quella delle altre Sezioni si è progressivamente irrobustita, traendo vantaggio dal contatto stimolante con il CERN.

Attualmente la Sezione può contare su ottime competenze locali in diversi aspetti strumentali riguardanti rivelatori di cariche (rivelatori al silicio, camere a fili) e calorimetri elettromagnetici. Ricercatori della Sezione hanno contribuito a diverse attività di Ricerca e Sviluppo del CERN (rivelatori a fibre scintillanti, RD22, studio dell'estrazione di un fascio dal SPS con cristalli di silicio incurvati, ecc.).

Il CERN, che è ben noto a tutti come Laboratorio leader nella fisica sperimentale delle particelle elementari, è al tempo stesso uno dei migliori punti d'incontro per la fisica teorica. Il gruppo teorico della Sezione di Trieste dell'INFN, composto da ricercatori dell'Università e della SISSA ha infatti solide tradizioni di collaborazione con la divisione teorica del CERN, che riguardano la fenomenologia, le astroparticelle e le interazioni gravitazionali alla scala di Planck.

Oltre questi contatti e collaborazioni stabili, c'è un continuo flusso di seminari e visite tra il CERN e il Dipartimento di Fisica Teorica, la SISSA e l'ICTP. In particolare va anche sottolineata una partecipazione attiva dei teorici del CERN alle conferenze e workshops organizzati con scadenza annuale dall'ICTP in base all'accordo di collaborazione tra ICTP e INFN.

Poster 8 CMS

CMS è l'acronimo dell'inglese "Compact Muon Solenoid", ossia solenoide muonico compatto.

La maggior parte dei rivelatori per la fisica delle particelle elementari sono realizzati attorno ad un sistema magnetico di qualche tipo allo scopo di agevolare la misura del momento delle particelle cariche. CMS non si allontana da questo modello: è infatti stato deciso di usare un grosso solenoide superconduttore, lungo circa 12 metri e con un diametro interno di approssimativamente 6 metri. L'intensità del campo magnetico è di 3.8 Tesla: circa centomila volte quella del campo magnetico terrestre. Questo solenoide è il più grosso magnete di questo tipo mai costruito.

L'apparato CMS è complessivamente lungo circa 21 metri, con un diametro dell'ordine di 16 metri e pesa più di 12500 tonnellate.

Analizzando i dati raccolti fino al 2012, CMS ha osservato un eccesso di eventi, rispetto alle previsioni del fondo sperimentale, ad una massa di circa 125 GeV. La probabilità che l'effetto sia dovuto unicamente ad una fluttuazione statistica del fondo è pari ad un caso su tre milioni. La nuova particella osservata a circa 125 GeV è compatibile, data la precisione statistica attuale, con le predizioni teoriche del bosone di Higgs del modello standard.

Nel 2013 Peter Higgs e François Englert sono stati insigniti del premio Nobel per la Fisica, per aver previsto in modo indipendente l'esistenza del bosone di Higgs.

Il gruppo di Trieste è da molti anni impegnato in vari settori dell'esperienza, avendo contribuito alle attività del calorimetro elettromagnetico ed allo sviluppo e gestione del software e dei sistemi di calcolo della collaborazione. Partecipa inoltre a studi di precisione di processi del Modello Standard che costituiscono importanti fondi alla ricerca di nuova fisica.

Poster 10 nTOF

L'esperimento n_TOF riguarda la misura di sezioni d'urto neutroniche ad alta risoluzione energetica ed in un vasto intervallo di energie, di interesse per la fisica nucleare fondamentale, per l'Astrofisica Nucleare e per varie applicazioni legate in particolare a problemi energetici ed ambientali. Le misure si svolgono presso l'innovativa facility per tempi di volo di neutroni chiamata appunto n_TOF, operativa al CERN.

Due fasci di neutroni, prodotti per spallazione di protoni da 20 GeV/c del Protosincrotrone su di un blocco di piombo, operano su due diverse basi di volo (di 19 e 185m). I fasci hanno caratteristiche che li rendono unici al mondo e precisamente:

- largo spettro energetico, che si estende su 8 ordini di grandezza, da 1 eV a quasi 1 GeV
- flusso estremamente elevato (10^{13} neutroni \times cm⁻² \times bunch⁻¹ in uscita dal blocco di piombo e 10^5 neutroni \times cm⁻² \times bunch⁻¹ sul campione di misura (nel caso di base di volo più lunga))
- elevata risoluzione energetica ($\Delta E/E=10^{-4}$)
- basso duty cycle (0.3 Hz)

Grazie alle suddette caratteristiche, questo fascio di neutroni permette lo studio di numerose reazioni fino ad ora inesplorate. In particolare, l'alto flusso ed il basso duty cycle consentono di ottenere valori estremamente accurati delle sezioni d'urto per neutroni sia su bersagli stabili che su bersagli radioattivi. Tali dati sono attualmente di estremo interesse:

per l'Astrofisica Nucleare, in cui è essenziale la conoscenza di tali dati per i vari elementi che compaiono nei processi di Nucleosintesi Stellare, che descrivono l'origine e l'abbondanza degli elementi, in quanto la produzione di una larga parte degli elementi pesanti ($A > 60$, cioè di massa maggiore del Fe) è attribuita a processi di cattura neutronica;

nel campo degli studi di fattibilità e della progettazione di sistemi basati su acceleratori per la trasmutazione di scorie radioattive a lunga vita media e per la produzione di energia in reattori intrinsecamente sicuri;

nel campo dell'adroterapia, nonché per una migliore comprensione degli effetti delle radiazioni e per la dosimetria neutronica ad alta energia, conoscenze rese sempre più necessarie dalle prospettive di applicazioni mediche ed industriali dei neutroni;

nel campo della fisica nucleare fondamentale.

Va segnalato il fatto che l'accurata conoscenza di dati di questo tipo sia richiesta con alta priorità dalla Nuclear Energy Agency (The NEA High Priority Data Request List) che elenca una lista di oltre 200 isotopi le cui sezioni d'urto, attualmente sconosciute o note con scarsa precisione, sono considerate di primaria importanza in particolare nel campo della produzione di energia, del trattamento di scorie radioattive e della radioprotezione.

La collaborazione n_TOF è composta da circa 150 ricercatori di 40 istituzioni per lo più europee. L'Italia partecipa al progetto con 10 ricercatori dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare appartenenti alle Sezioni di Bari, Bologna e Trieste, ai Laboratori Nazionali di Legnaro ed ai Laboratori Nazionali del Sud di Catania. Il progetto è inoltre finanziato dalla Commissione Europea.

La sezione di Trieste si occupa della preparazione e analisi di misure sia di cattura neutronica, sia di fissione indotta.

POSTER COMPASS

Struttura di Spin del nucleone: COMPASS al CERN

L'obiettivo dell'esperimento COMPASS è lo studio della struttura dei nucleoni e dello spettro adronico. Sono entrambe tematiche di QCD non perturbativa che ancora non descrive in modo soddisfacente tutti i fenomeni noti. In particolare, a più di quarant'anni dalla formulazione del modello a quark, domande fondamentali del tipo: "come si spiega la struttura di spin dei nucleoni in termini di quark e gluoni?", oppure "esistono stati esotici, cioè barioni non costituiti da tre quark, o mesoni che non siano una coppia quark-antiquark?" non hanno ancora risposta.

COMPASS (COmmon Muon and Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy) è un esperimento a bersaglio fisso realizzato al CERN da una Collaborazione internazionale costituita da circa 220 fisici appartenenti a 24 istituti di 13 diversi paesi. Sfruttando la grande luminosità del SPS, la macchina che accelera protoni fino a energie di 450 GeV, che permette di utilizzare fasci secondari di diversi tipi di particelle, COMPASS è in grado di eseguire un vasto programma di fisica caratterizzato da misure di elevata precisione statistica. In particolare fasci di alta intensità di adroni e muoni sono utilizzati per studiare rispettivamente la spettroscopia adronica e la struttura di spin dei nucleoni.

Uno degli obiettivi più importanti di COMPASS per la spettroscopia adronica è la ricerca di stati esotici che sono previsti da QCD ma la cui esistenza non è stata ancora dimostrata. COMPASS ha già pubblicato l'evidenza sperimentale per uno stato esotico con numeri quantici $JPC = 1^{-+}e$ e massa 1.66 GeV/c² e l'analisi dell'enorme quantità di dati raccolti nel 2008 e nel 2009 è ancora in corso: i risultati permetteranno sicuramente di trarre conclusioni sull'esistenza o meno di questi stati.

Per quanto riguarda la struttura di spin dei nucleoni, un obiettivo molto importante dell'esperimento era la misura diretta della polarizzazione dei gluoni in un nucleone polarizzato longitudinalmente. Dopo la scoperta fondamentale dell'esperimento EMC che i quark contribuivano poco allo spin di un nucleone, confermata da diversi esperimenti negli anni '90, tale misura era considerata estremamente importante. Utilizzando i dati raccolti già nel 2002 con un fascio di muoni di 160 GeV e un bersaglio di deutoni polarizzati longitudinalmente, COMPASS è stato il primo esperimento a fornire l'evidenza che il contributo dei gluoni è decisamente piccolo, insufficiente a coprire la parte mancante di momento angolare intrinseco del nucleone. In parallelo e successivamente a queste misure COMPASS ha anche misurato i processi SIDIS con i bersagli polarizzati, che permettono di ottenere le distribuzioni dipendenti dallo spin dei quark dei diversi sapori confrontando le asimmetrie di spin misurate su protoni e su deutoni ed identificando gli adroni dello stato finale. Tale identificazione è basata in COMPASS su un RICH, contatore Cerenkov a focalizzazione di immagine, progettato e costruito dal gruppo di Trieste che è anche responsabile del suo funzionamento. Di particolare importanza è lo studio della distribuzione partonica di spin trasverso, la "trasversità", la cui rilevanza è stata riconosciuta solo recentemente. Le misure di SIDIS su bersagli di deuterio e di protoni polarizzati trasversalmente effettuate da COMPASS negli anni 2002, 2003, 2004, 2007 e 2010, assieme a quelle effettuate da HERMES e dalla collaborazione Belle, hanno mostrato come la trasversità sia diversa da zero e misurabile nei processi SIDIS. Utilizzando

gli stessi dati, COMPASS ha anche misurato effetti di spin trasverso diversi, spiegabili in termini di nuove distribuzioni partoniche dipendenti dal momento trasverso intrinseco (TMD), come la funzione di Sivers.

La presa dati di COMPASS continuerà nel 2012 con una misura diversa, la polarizzabilità dei pioni e dei kaoni, per verificare le previsioni della teoria chirale che è il limite alle basse energie della QCD .

Per gli anni successivi, il CERN ha approvato la proposta di effettuare due nuove misure, sempre nei settori della struttura di spin longitudinale e trasverso del nucleone:

- la misura del processo Drell-Yan nell'interazione pione – protone polarizzato trasversalmente (1 anno di presa dati). Con questa misura sarà possibile effettuare il test di una previsione molto importante di QCD, e cioè che una distribuzione partonica T-odd, come la funzione di Sivers, interviene con segno opposto quando è misurata nei processi Drell-Yan rispetto a quando è misurata nel SIDIS per effetto delle interazioni di stato iniziale / finale.
- la misura delle distribuzioni partoniche generalizzate (GPD) tramite diffusioni Compton profondamente virtuali di muoni su idrogeno liquido (2 anni di presa dati). Questa reazione permette di ottenere informazioni sul momento angolare orbitale dei quark in un nucleone polarizzato longitudinalmente, la quantità ancora non misurata nella decomposizione dello spin del nucleone. COMPASS is a high-energy physics experiment at the Super Proton Synchrotron (SPS) at CERN in Geneva, Switzerland. The purpose of this experiment is the study of hadron spin structure and hadron spectroscopy with high intensity muon and hadron beams.

Trieste partecipa all'esperimento con un team di 16 fisici (Renato BIRSA, Franco BRADAMANTE, Andrea BRESSAN, Andres CICUTTIN, Maria Liz CRESPO, Silvia DALLA TORRE, Shuddha DASGUPTA, Vinicio DUIC, Stefano LEVORATO, Nour MAKKE, Anna MARTIN, Carlos SANTOS, Giulio SBRIZZAI, Paolo SCHIAVON, Susanna TESSARO and Fulvio TESSAROTTO) e questo gruppo dato contributi fondamentali al successo dell'esperimento dall'approvazione in poi:

- Sviluppo e presentazione della proposta ai comitati del CERN,
- Promotore della fisica delle TMD e della misura della transversità in COMPASS,
- Progettazione e costruzione del RICH per la misura della velocità delle particelle,

Molti dei suoi membri hanno inoltre ricoperto vari ruoli di responsabilità all'interno dell'esperimento (spokespersonship, off-line coordination, analysis coordination, ed in comitati come il Technical Board ed il Publication Committee).