

# Daniele PANZIERI

## Curriculum Vitae

### Dati personali

Luogo e data di nascita:  
Cittadinanza:  
Stato civile  
Residenza:  
Ufficio:

Email:  
Webpage:

OMISSIS

- Ha conseguito il diploma di maturità presso il Liceo Scientifico Galileo Ferraris di Torino nel luglio 1975.
- Nel 1980 si è laureato in Fisica presso l'Università degli Studi di Torino discutendo una tesi di carattere sperimentale (relatore della tesi è stato il prof. Luigi Busso) dal titolo "Costruzione di un rivelatore visualizzante per la Fisica Nucleare".
- Negli anni 1980 ÷ 1984 è stato insegnante supplente di matematica e fisica presso vari istituti di istruzione secondaria superiore e licei di Torino.
- Nell'anno 1984 ha vinto un concorso ordinario di scuola media superiore conseguendo l'abilitazione all'insegnamento della Fisica nelle scuole medie superiori ed il ruolo presso l'Istituto Tecnico Commerciale "8 marzo" di Settimo Torinese.
- Nell'anno 1985 ha vinto un concorso presso l'Università degli Studi di Torino, diventando Funzionario Tecnico (VIII livello) presso l'Istituto di Fisica Generale della stessa Università.
- Nell'anno 1990 ha vinto un concorso presso l'Università degli Studi di Torino, diventando Ricercatore presso l'Istituto di Fisica Generale della stessa Università.
- Negli anni 1985 ÷ 1992 ha tenuto le esercitazioni di vari corsi di Fisica dell'Università di Torino.
- A partire dall'anno accademico 1984/1985 e fino alla presa di servizio come professore associato è stato commissario d'esame per i corsi di Fisica per Scienze Biologiche, Fisica Generale I, Fisica Generale II, Esperimentazioni di Fisica I ed Elettronica Applicata attivati nel corso di laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Torino.
- Nell'anno 1992 ha vinto il concorso nazionale per Professore Associato di Fisica ed è stato chiamato ad insegnare Fisica presso la Facoltà di Agraria dell'Università del Molise.
- Nell'anno 1993 ha vinto il concorso per trasferimento ed è diventato professore associato di Fisica presso la II Facoltà di Scienze MFN dell'Università di Torino, sede di Alessandria a partire dall'Anno Accademico 1993/1994.

- Presso la II Facoltà di Scienze dell'Università di Torino, in seguito Facoltà di Scienze MFN dell'Università del Piemonte Orientale, ha tenuto e/o tiene i corsi di Fisica Generale I, Onde Elettromagnetiche ed Ottica, Fluidi e Termodinamica, Esperimentazioni di Fisica II, Laboratorio di Fisica I, Fisica Biomedica, Elettronica, Laboratorio di Elettronica e Laboratorio di Fisica Biomedica nei corsi di laurea di Fisica, di Matematica e di Chimica, ed i corsi di Fisica Sperimentale e di Biotecnologie Fisiche presso il corso di studi interfacoltà di Biotecnologie, sede di Novara, dell'Università del Piemonte Orientale.
- È stato uno dei proponenti, nell'anno 1996, dell'istituzione del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Avanzate (DISTA) dell'Università del Piemonte Orientale.
- Negli anni dal 1992 al 1999 è stato membro del Consiglio di Gestione della II Facoltà di Scienze MFN dell'Università di Torino sede di Alessandria.
- Negli anni 1999/2000 è stato membro della Commissione di Ateneo per l'informatizzazione dell'Università del Piemonte Orientale.
- Dal 1999 è stato membro del Consiglio di Amministrazione della neonata Università del Piemonte Orientale ed in tale carica è stato confermato per due ulteriori mandati triennali, dal 2000 al 2002 e dal 2003 al 2005. Negli anni 1999/2000 è stato membro della Giunta del Consiglio di Amministrazione, organo in seguito non più previsto tra le strutture di Governo del neonato Ateneo.
- Nel 1992 ha pubblicato, con il prof. M. Celasco, presso l'editore ECIG di Genova il volume "2000 Esercizi di Fisica Completamente Risolti". Nell'anno 1997 è uscita, presso lo stesso editore, la seconda edizione.
- A partire dall'anno 1998 ha avviato una collaborazione scientifica con la divisione alte energie dell'Ospedale di Alessandria per ricerche sullo studio di algoritmi tridimensionali nell'uso di fasci di elettroni in terapia oncologica.
- A partire dall'anno 1999 ha avviato una collaborazione scientifica con la divisione di Radiologia dell'Ospedale di Novara per ricerche sullo studio di algoritmi per il merging di immagini da strumenti diagnostici diversi.
- A partire dall'anno 1999 ha avviato una collaborazione scientifica con la società Alenia Spazio, per ricerche in comune nell'ambito dell'uso di fibre ottiche commerciali in applicazioni spaziali, per la generazione di energia nello spazio, per lo studio dei danni da radiazione sui componenti elettronici e per lo studio di possibili scenari per future missioni spaziali. Tali collaborazioni sono anche testimoniate da numerose tesi di laurea svolte sugli argomenti succitati. Nell'ambito di tale collaborazione, l'ESA ha finanziato con 50 k€ un progetto comune tra il DISTA (responsabilità del candidato) e dell'Alenia Spazio per uno studio sulla generazione di energia nello spazio per applicazioni spaziali e terrestri.
- Dal 2001 ha collaborato all'esperimento DUBTO (poi PAINUC) per lo studio dell'interazione di pioni lenti con sistemi a molti nucleoni presso il JINR di Dubna (Federazione Russa).
- Dal 2004 al 2005 è stato responsabile scientifico dell'unità di ricerca di Alessandria di un progetto PRIN finanziato dal MIUR con responsabile Nazionale il prof. F. Bradamante.

- Dal gennaio 2004 a tutt'oggi è responsabile locale per l'INFN del gruppo di ricerca di Torino/Alessandria, costituito da circa 15 ricercatori tra strutturati, postdoc e dottorandi, ed è membro del Collaboration Board (CB) dell'esperimento COMPASS al CERN di Gineva.
- Dal gennaio 2006 nell'ambito del Progetto Europeo "Hadron physics" (iniziato nel gennaio 2004) del Sixth Framwork Program FP6 è subentrato come responsabile scientifico dell'unità di Torino della Research Activity JRA9.
- Dal gennaio del 2007 al gennaio 2011 è stato uno dei cinque membri del Publication Committee (PubCom) dell'esperimento COMPASS.
- A partire dal 2007, per il biennio 2007-2008, è stato responsabile dell'unità di ricerca di Alessandria di un progetto PRIN finanziato dal MIUR con responsabile Nazionale il prof. F. Bradamante.
- Nel 2008 è stato Presidente del comitato organizzatore (e membro dell' International Advisory Committee) del workshop IWHSS08 tenuto a Torino tra il 31 marzo ed il 2 aprile 2008 al quale hanno partecipato oltre 100 fisici da tutto il mondo.
- Dal gennaio 2009 (durata 30 mesi) nell'ambito del Progetto Europeo "Hadron physics2" è stato responsabile scientifico dell'unità di Torino del Work Package WP17 per lo sviluppo di foto-rivelatori innovativi per contatori Cherenkov.
- Dal gennaio 2011 a tutt'oggi è uno dei 6 membri del Technical Board (TB) dell'esperimento COMPASS.
- Dal gennaio 2012 (durata 36 mesi) nell'ambito del Progetto Europeo "Hadron physics3" è stato responsabile scientifico dell'unità di Torino del Work Package WP18 per lo sviluppo dell'elettronica di read-out per rivelatori a gas basati su tecnologia THICK-GEM.
- Nel gennaio del 2014 (tornata concorsuale del 2012) ottiene l'Abilitazione Scientifica Nazionale a Professore Ordinario nel SC 02/A1, SSD FIS/01
- Da giugno 2013 a giugno 2016 è stato responsabile scientifico nazionale per l'INFN dell'esperimento COMPASS al CERN, a capo dei circa 40 fisici italiani della collaborazione di oltre 200 fisici provenienti da tutto il mondo.
- Nel 2014, nell'ambito dell'esperimento COMPASS, ha installato presso i locali del DISIT una computer farm per le esigenze di calcolo per le simulazioni MC e l'analisi dei dati dell'esperimento.
- Nel 2015, il Candidato è stato promotore (Presidente dell' Organizing Committee) del Workshop NPQCD 2015, Cortona 20-22 aprile 2015. Al Workshop hanno partecipato oltre 60 fisici italiani ed europei.
- Nel 2015 è stato promotore di una co-tutela, nell'ambito della collaborazione COMPASS, tra l'Università di Torino, sede della scuola di Dottorato a cui l'Università del Piemonte Orientale è consorziata, con la Charles University di Praga (Repubblica Ceca) per lo scambio di studenti di Dottorato.

- Nel 2015 ha partecipato alla stesura di un nuovo progetto di ricerca, HPH2020, nell'ambito del programma dell'UE Horizon2020 attualmente in fase di revisione da parte della commissione.
- Nel 2016 ha partecipato alla stesura di un nuovo progetto di ricerca, 'The 3Dimensional Nucleon Structure' nell'ambito del programma PRIN 2015.
- Dal 2016 al 2018 è stato membro della Commissione internalizzazione dell'Università del Piemonte Orientale in rappresentanza del DISIT.
- Nel 2017 è stato Presidente del Comitato Organizzatore e dell'International Advisory Committee del workshop internazionale IWHSS17 tenutosi a Cortona (AR) tra il 3 ed il 5 aprile 2017 al quale hanno partecipato oltre 90 fisici da 15 paesi europei ed extraeuropei.
- Nel 2017 è stato membro del comitato organizzatore del workshop internazionale NPQCD17, Pollenzo (CN) 22 - 24 maggio 2017.
- Nel luglio 2017 è diventato Professore Ordinario di Fisica Generale all'Università del Piemonte Orientale.
- Nel 2019 è stato Co-Chair della conferenza DIS2019, Torino 8-12 Aprile alla quale hanno partecipato oltre 300 fisici da 15 paesi europei ed extraeuropei.
- È *associate researcher* al CERN di Ginevra dal 1980.
- È coautore, a partire dall'anno 1980, di oltre 200 pubblicazioni su riviste internazionali nell'ambito della Fisica nucleare delle energie intermedie e della fisica delle particelle ed è coautore di numerose comunicazioni a congressi internazionali.
- È stato relatore di numerose tesi di laurea a carattere sperimentale presso l'Università di Torino prima (II Facoltà di Scienze MFN ad Alessandria) e l'Università del Piemonte Orientale in seguito.
- È stato relatore di tesi di Dottorato di Ricerca presso la scuola di Dottorato (in collaborazione con l'Università del Piemonte Orientale) dell'Università di Torino.

## ATTIVITA' SCIENTIFICA

### 1980-1985 - ATTIVITA' SVOLTA AL CERN - ESPERIMENTO PS179 (STREAMER CHAMBER)

Fin dalla presentazione al CERN nel 1979 del progetto di costruzione di un anello di accumulazione per antiprotoni a bassa energia (LEAR), il Candidato ha collaborato con ricercatori di Torino, Pavia, Frascati e Dubna allo studio della interazione di antiprotoni con nuclei leggeri ( $^2\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ , Ne) utilizzando una camera a streamer di grandi dimensioni (113 litri) in campo magnetico esposta al fascio di antiprotoni del LEAR del CERN ad impulsi tra 100 e 600 MeV/c (Collaborazione STREAMER/TOFRADUPP, spokesman: G. Piragino).

La bassa densità del mezzo visualizzante, che in tale tipo di rivelatore aveva anche la funzione del gas bersaglio, ha consentito di misurare anche prodotti di reazione di energia molto bassa.

Sono stati raccolti  $10^6$  fotogrammi, corrispondenti a circa 300000 eventi di annichilazione di  $\bar{p}$  a riposo ed in volo (105, 200, 300 e 600 MeV/c). Per ottenere dati anche sulla interazione dell'antiprotone con nuclei intermedi e pesanti (Ag, Br) è stato esposto un pacco di emulsioni nucleari nel quale sono state ottenute circa 200000 annichilazioni di antiprotoni a riposo ed in volo.

La misura delle sezioni d'urto in funzione dell'energia e del numero di massa ha evidenziato come meccanismo principale di reazione l'annichilazione dell'antiprotone su nucleone quasi libero, caratterizzato da un andamento della sezione d'urto del tipo  $A^{2/3}$  e confermato dal confronto dei dati sperimentali con modelli ottici in approssimazione di Glauber. Inoltre le reazioni di "knock-out", "break-up" e scambio carica sono risultate depresse di almeno un ordine di grandezza rispetto alle stesse reazioni indotte da protoni a causa dell'accentuato andamento in avanti della sezione d'urto di diffusione, che lascia quindi poca energia a disposizione per rompere il nucleo.

La possibilità di avere fascio a basso impulso (105 MeV/c) ed alta risoluzione,  $\delta p/p \approx 10^{-3}$  e la bassa densità del bersaglio hanno consentito di misurare la sezione d'urto di annichilazione  $\bar{p} \ ^4\text{He}$  nell'intervallo 40-50 MeV/c. Il risultato ottenuto conferma l'andamento come  $1/p$  della  $\sigma_{\text{ann}}$  e corrisponde al più basso momento raggiunto in misure di annichilazione di  $\bar{p}$  in volo.

Lo studio della produzione relativa di  $^3\text{He}$  e  $^3\text{H}$  nella annichilazione  $\bar{p} \ ^4\text{He}$  ha permesso di ottenere un limite sperimentale  $\frac{n_{\bar{B}}}{n_B} \leq (1 \pm 0.7) 10^{-3}$  sulla possibile quantità di

antimateria presente all'origine dell'Universo al tempo della nucleosintesi, tre ordini di grandezza più restrittivo del precedente limite dedotto dalla distorsione dello spettro di Planck della radiazione residua e ha posto vincoli ad alcuni parametri dei modelli GUT e SUSY.

E' stato misurato l'andamento in funzione dell'energia del rapporto tra le sezioni d'urto di annichilazione  $\sigma(\bar{p}n)/\sigma(\bar{p}p)$  su n e p legati in  $^3\text{He}$  ed  $^4\text{He}$  fra 0 e 600 MeV/c, e confrontato con gli analoghi rapporti su protone libero e deuterio esistenti in letteratura. Tale rapporto è funzione delle sezioni d'urto nei due stati di isospin  $I = 0$  e  $I = 1$ . I valori misurati, circa la metà del valore su nucleone libero, indicano chiaramente una prevalenza del canale di isospin  $I = 0$  e suggeriscono una forte dipendenza dall'isospin dell'annichilazione in onda P e D. Dallo studio della molteplicità delle particelle cariche emesse nella annichilazione di antiprotoni su Neon ed emulsioni nucleari è stata

individuata la presenza di due meccanismi di annichilazione: una annichilazione superficiale su nucleoni quasi liberi associata ad una bassa molteplicità ed una annichilazione profonda associata ad una alta molteplicità media, di importanza crescente in percentuale con l'energia dell'antiprotono incidente. L'interesse di un criterio di selezione tra questi due meccanismi è connesso con la possibilità di rivelare nuovi gradi di libertà della materia nucleare (plasma di quark-gluoni). Infatti secondo molti lavori teorici le annichilazioni nella regione ad alta densità nucleare potrebbero avvenire su molti corpi o procedere attraverso la formazione di plasma quark-gluonico. Tali fenomeni esotici, non previsti dai modelli a cascata intranucleare (INC) esistenti, si manifesterebbero con un aumento della produzione di stranezza e l'emissione di frammenti nucleari di alta energia. A questo scopo è stata fatta una analisi della produzione di stranezza nella annichilazione di antiprotoni su nuclei leggeri. I rapporti di produzione  $\Lambda/K_S$  ( $\approx 2.3$  in Ne a 600 MeV/c,  $\approx 1$  in Ne ed  $^4\text{He}$  a riposo) risultano maggiori di quelli osservati su D ed H fino a 3 GeV/c. Anche le distribuzioni di rapidità risultano compatibili con l'ipotesi di differenti bersagli effettivi per  $K_S$  e  $\Lambda$  (1 N e 5-15 N rispettivamente) confermando i risultati ottenuti al KEK su Tantalio a 4 GeV/c.

Nell'ambito dello studio della produzione di stranezza è stato analizzato l'andamento del rapporto  $\pi/K$  in funzione dell'energia e del numero di massa. Le distribuzioni di rapidità dei  $K_S$  e dei  $\pi^-$  associati, emessi nelle annichilazioni su Neon, hanno evidenziato la possibile esistenza di un meccanismo a doppio vertice in cui un mesone  $\pi$  o  $K$  acquista una notevole frazione dell'impulso dell'antiprotono incidente ("leading meson") dando indicazione di una possibile frammentazione in quark dell'antiprotono incidente.

Le distribuzioni angolari ed energetiche delle particelle leggere e pesanti emesse nell'annichilazione sono state confrontate con i modelli INC esistenti per evidenziare eventuali caratteri esotici della annichilazione dell'antiprotono sul nucleo ed ottenere un raffinamento dei modelli stessi.

Nell'ambito dell'esperimento il Candidato si è impegnato nella costruzione dell'apparato sperimentale, in particolare della realizzazione del sistema di trigger ad alta tensione dell'alimentatore di Arkadiev Marx, della costruzione dell'alimentatore stesso, della realizzazione delle camere a streamer e del loro uso e all'installazione dell'apparato sperimentale.

Egli ha inoltre partecipato alle fasi di osservazione e misura dei fotogrammi e all'analisi dei dati susseguente.

### **Dal 1985 AL 1991 - ATTIVITA' SVOLTA AL CERN - ESPERIMENTO OBELIX**

Dal 1985 il candidato partecipa, nell'ambito dell'esperimento OBELIX (spokesmen: U. Gastaldi, T. Bressani, C. Guaraldo, S. Costa, A. Rotondi, Collaborazione: Bologna, Brescia, Cagliari, JINR-DUBNA, LNF, LNL, Padova, Pavia, Torino, Trieste, Udine) alle fasi di allestimento, mantenimento, presa e analisi dati di uno spettrometro magnetico esposto al fascio di antiprotoni dell'acceleratore LEAR del CERN, progettato per la misura di canali esclusivi di annichilazione di antiprotoni e di antineutroni con nucleoni e nuclei a riposo o bassa energia.

Le problematiche fisiche oggetto dell'esperimento comprendono:

- lo studio della dinamica dei processi di annichilazione antinucleone-nucleone;
- la spettroscopia dei mesoni leggeri e la ricerca di possibili stati esotici (ibridi, glueballs, multiquarks);
- la annichilazione su nuclei, con particolare riguardo a effetti esotici a molti corpi
- la dinamica della interazione  $\bar{N}N$  e  $\bar{N}$ -nucleo a basso momento.

L'ampiezza e complessità del programma scientifico della collaborazione hanno motivato la realizzazione di un apparato sperimentale di grande accettazione angolare ed alta risoluzione per il tracciamento delle particelle cariche e la rivelazione delle particelle neutre, con possibilità di trigger a più livelli sulla topologia dell'evento e sul tipo ed energia delle particelle, associando alti fattori di arricchimento ad una elevata velocità di acquisizione dei dati.

Caratteristica dell'apparato è la possibilità di variare la densità del bersaglio senza modificare il rivelatore cambiando così i pesi relativi dei numeri quantici dello stato iniziale.

Lo spettrometro utilizza un magnete a campo assiale aperto di 0.5 T ed è costituito, partendo dall'interno, da:

- una camera a deriva di tipo "spirale"(SPC), che racchiude all'interno del catodo la targhetta per le misure con antiprotoni, utilizzata per la rivelazione dei vertici primario e secondario, della topologia dell'evento e dei raggi X provenienti dalla cascata elettromagnetica dell'atomo antiprotonico. La SPC è preposta inoltre alla rivelazione dei protoni lenti prodotti dall'annichilazione di antiprotoni su nuclei leggeri;
- un sistema di scintillatori (TOF), suddiviso in un barile interno ed uno esterno, per l'identificazione della particella sulla base della misura del tempo di volo. Sul sistema TOF sono basati i triggers di I e II livello dell'esperimento;
- una camera a deriva di tipo "jet" di grandi dimensioni (JDC), funzionante con una miscela di argon-etano a pressione atmosferica, per il tracciamento delle traiettorie delle particelle cariche e la loro identificazione in base a misure di perdita di energia. La JDC è usata anche per la ricostruzione dei vertici nelle misure con antineutroni;
- un calorimetro elettromagnetico (HARGD) costituito da moduli di piombo e tubi a streamer, preposto alla rivelazione dei neutri con la possibilità di "trigger" di molteplicità;
- un rivelatore di antineutroni, posto sulla linea di fascio dietro il bersaglio di idrogeno liquido, utilizzato per la sperimentazione con fasci di antineutroni.

Il candidato ha collaborato, sin dalla fase iniziale di stesura della proposta, alla progettazione e alla messa a punto dell'apparato nonché allo studio delle tematiche fisiche oggetto dell'esperimento.

Nell'ambito della Collaborazione OBELIX il candidato si è in particolare occupato delle grandi camere a deriva dell'esperimento. Le due grandi camere semicilindriche (150 cm di lunghezza, 160 cm di diametro, 3444 fili sensibili) già utilizzate dall'esperimento ISR-R807, dopo un lungo periodo di inattività sono state sostanzialmente modificate per quanto riguarda l'elettronica di acquisizione dei segnali, sostituendo il precedente sistema basato su ADC/TDC con un sistema a FADC ad 8 bit di risoluzione e 100 MHz di frequenza di campionamento. Il ripristino della camere e le modifiche all'elettronica hanno richiesto l'impegno del candidato in un accurato lavoro rivolto alla scelta dell'hardware, alla sua installazione ed ottimizzazione ed allo sviluppo degli algoritmi di trattamento dei segnali. Anche il sistema di distribuzione delle alte tensioni ha comportato un notevole impegno durante tutta la fase di ripristino delle camere dopo il lungo periodo di inattività.

Le ottime prestazioni ottenute ( $\Delta p/p \approx 2 \div 3 \%$  nell'intervallo di energie considerato,  $\sigma_{R\phi} \approx 230 \mu\text{m}$ ,  $\sigma_Z \approx 1.1 \text{ cm}$ ,  $\sigma_{dE/dx} \approx 9 \%$ ) sono molto prossime alle prestazioni aspettate per

questo tipo di rivelatore che, essendo il più complesso dello spettrometro OBELIX, ha richiesto un elevato impegno in termini di tempo e di numero di persone coinvolte.

L'attività di analisi fisica dei dati sperimentali del candidato si è rivolta principalmente allo studio delle annichilazioni  $\bar{p}$  - deuterio a riposo ed in particolare su canali binari esotici chiamati reazioni di Pontecorvo dal nome dello scienziato che ne ha per primo evidenziato l'interesse. Infatti, a differenza delle molto più probabili reazioni di annichilazione che coinvolgono uno solo dei due nucleoni, fungendo il secondo da mero spettatore della annichilazione del primo, in tali reazioni, caratterizzate dalla presenza di un nucleone e di un solo mesone nello stato finale, entrambi i nucleoni del deuterio partecipano alla annichilazione. I modelli teorici spiegano solo in parte il relativamente alto ( $10^{-6}$ ) rateo di produzione di queste reazioni esotiche, ricorrendo a scambi di nucleoni e mesoni altamente virtuali o invocando gradi di libertà a quark-gluoni nei nuclei e danno previsioni contrastanti sui ratei di produzione.

Le misure in questo settore risultano tecnicamente molto impegnative per la regione di momento esplorata, superiore a quella degli ordinari canali binari  $\bar{p}p$  utilizzati per la calibrazione nonché per il basso rateo di produzione.

Di estremo interesse risulta l'evidenza sperimentale riscontrata per i canali con stranezza ( $\Lambda K^*$ ), ( $\Lambda K$ ) ed in particolare ( $\phi n$ ) per il quale è stata misurata una violazione della regola OZI superiore alle previsioni teoriche e che affianca i risultati ottenuti dalla Collaborazione nel settore  $\bar{p}p$ ,  $\bar{p}p(n_s)$  e  $\bar{n}p$ .

Nel caso della reazione di Pontecorvo  $\bar{p} D \rightarrow \phi n$  la violazione misurata risulta due volte maggiore rispetto al canale  $\bar{N}N \rightarrow \phi \pi$  introdotto nei modelli teorici di ridiffusione al primo vertice, ed è consistente con la dipendenza dal momento trasferito del rapporto di produzione  $\phi/\omega$  osservata in precedenti esperimenti di interazione  $\pi^\pm N$ . a ricerca sulle reazioni di Pontecorvo è stata poi estesa al settore della produzione di risonanze barioniche nella annichilazione su deuterio. Per la prima volta è stata ottenuta l'evidenza sperimentale della produzione di  $\Delta$ , sia nel settore della diffusione di mesoni reali prodotti al vertice di annichilazione sia nel settore delle annichilazioni esotiche, risultato riprodotto da calcoli basati su modelli a "due step".

### **Dal 1991 AL 1996 – ATTIVITA' SVOLTA A SACLAY - ESPERIMENTO DISTO (LABORATOIRE NATIONAL SATURNE)**

Dal 1991 il candidato partecipa all'esperimento DISTO (spokesman: R. Bertini) presso i Laboratori di Saclay. L'esperimento DISTO (collaborazione Dubna, Indiana, Saclay, Torino) è stato progettato per lo studio della produzione di stranezza nell'interazione protone-protone ed era basato su uno spettrometro magnetico esposto al fascio di protoni polarizzati da 2.9 e 3.7 GeV/c dell'acceleratore di Saturne.

Lo spettrometro è stato appositamente progettato per la misura delle osservabili di spin e delle sezioni d'urto differenziali nel canale esclusivo  $\bar{p}p \rightarrow pK^+Y$ ,  $Y = \Lambda, \Sigma^0$  al fine di studiare il fenomeno della polarizzazione degli iperoni. Infatti rilevanti effetti di polarizzazione nella produzione inclusiva di  $\Lambda$  sono stati osservati già in condizioni di fascio e bersaglio non polarizzati, mentre la polarizzazione di  $\bar{\Lambda}$  è risultata nulla. Questo ha indotto a ipotizzare un effetto di "leading particle", avvalorato dalla non polarizzazione di  $\Omega^-$  in cui nessuno dei quark del protone incidente è presente. Tuttavia successivi esperimenti hanno mostrato che per altri sistemi di iperoni e antiiperoni ( $\Sigma^\pm, \Xi^-, \Xi^+$ ) la polarizzazione risulta sempre significativamente diversa da zero. Un contributo di chiarimento a questo schema potrebbe venire da modelli che includano gli

effetti di polarizzazione dei quark  $s$  all'interno del nucleone, già introdotti per giustificare la violazione della regola di OZI evidenziata dall'esperimento OBELIX nell'annichilazione  $\bar{p}p$ . In accordo con questi modelli, i risultati ottenuti per le sezioni d'urto di produzione di mesoni vettori nel canale esclusivo  $pp \rightarrow ppV$  indicano per il rapporto  $\sigma(\phi)/\sigma(\omega)$  alla soglia di produzione di  $\phi$  un valore 10 volte superiore alle predizioni della regola OZI. Analogamente, il parametro  $D_{nn}$ , che misura il trasferimento di polarizzazione dal fascio all'iperone, è risultato negativo per  $\Lambda$  nella regione di frammentazione del fascio, a conferma dell'ipotesi di una polarizzazione di spin del quark  $s$  nel nucleone opposta a quella del nucleone stesso. Il risultato è importante anche perché tramite la misura esclusiva dello stato finale è stato possibile separare per la prima volta i contributi delle  $\Lambda$  primarie da quelle di decadimento di iperoni più pesanti.

Lo spettrometro era costituito da:

- quattro contatori ognuno con tre piani di fibre scintillanti di 1 mm di sezione, lette da fotomoltiplicatori multianodo per il tracciamento e il "trigger" delle particelle cariche;
- quattro tripletti di camere proporzionali a molti fili per la misura delle coordinate spaziali;
- un odoscopio di contatori a scintillazione, per misure di tempo e "trigger";
- un odoscopio di contatori Cerenkov ad acqua, per l'identificazione delle particelle cariche.

Lo spettrometro è entrato nella fase di produzione nella seconda metà del 1996. Sino alla chiusura dell'acceleratore **Saturne** alla fine del 1997, sono state eseguite misure a 2.145, 2.5 e 2.85 GeV, raccogliendo circa  $7 \times 10^9$  triggers.

Nell'ambito dell'esperimento il candidato ha partecipato a tutta la fase di progettazione dell'apparato sperimentale, alla sua installazione ed alla sua conduzione nel corso dei periodi di presa dati. Egli inoltre è stato responsabile della realizzazione dei rivelatori di tracciamento a fibre scintillanti e di tutto il sistema di lettura (basato su fotomoltiplicatori multianodo Hamamtsu) e la relativa elettronica. Ha partecipato inoltre a tutta la fase di presa dati e alla stesura dei lavori scientifici.

Dal 2001 il candidato è stato responsabile del gruppo di Alessandria (sede collegata della sez. INFN di Torino) che collaborava all'esperimento.

Tra i 20 articoli presentati dal candidato, gli articoli pubblicati su Physical Review Letters 104 132502 (2010) e Physical Review C 63 024004 (2001) dell'elenco si riferiscono ai dati ottenuti in questo esperimento, ed hanno visto l'attiva partecipazione del candidato alla loro stesura.

## **Dal 1996 – ATTIVITA' SVOLTA AL CERN - ESPERIMENTO COMPASS**

Il candidato è membro della Collaborazione COMPASS all'SPS del CERN.

Il vasto programma sperimentale di COMPASS prevede misure sia con fasci di muoni di alta energia, per lo studio della struttura dei nucleoni, sia misure con fasci di adroni ( $\pi$ ,  $K$  e protoni) per lo studio della spettroscopia adronica. Per quanto riguarda il programma muonico, alcuni degli aspetti principali sono la misura diretta della polarizzazione dei gluoni  $\Delta G$  in un nucleone polarizzato longitudinalmente, attraverso la misura dell'asimmetria della sezione d'urto nei processi di DIS (Deep Inelastic Scattering) con produzione di coppie di quark dotate di charm, e la misura delle funzioni di distribuzione di spin dei quark  $\Delta q$  (elicità) e  $\Delta q_T$  (traversa) attraverso l'individuazione delle asimmetrie

adroniche in processi DIS semi-inclusivi con muoni polarizzati longitudinalmente e trasversalmente. Per quanto riguarda il programma con fasci di adroni, esso prevede, tra l'altro, lo studio della spettroscopia adronica attraverso reazioni di produzione centrale e di scattering diffrattivo e la misura della polarizzabilità elettrica e magnetica del pione, attraverso la reazione di Primakoff.

Lo spettrometro COMPASS usa due magneti per avere una migliore risoluzione in momento. I due spettrometri sono equipaggiati con un rivelatore RICH, calorimetri adronici ed elettromagnetici, filtri per muoni per l'identificazione delle particelle. Per il tracciamento delle particelle cariche si utilizzano rivelatori di vario tipo, quali rivelatori al silicio, GEM, Micromegas, straw tubes, MWPC, Drift Chamber. Nell'attuale configurazione sperimentale, il tracciamento delle particelle cariche si basa principalmente su camere a fili proporzionali (MWPC) installate prima e dopo il secondo magnete.

Il gruppo di Torino di cui il candidato fa parte, è stato tra l'altro responsabile della costruzione, installazione e funzionamento del sistema di lettura dei 23000 canali delle MWPC, che sono essenziali per tutte le misure dell'esperimento.

Dal gennaio 2004 il candidato è responsabile del gruppo di Torino (circa 20 partecipanti) ed è membro del Group Leader Board dell'esperimento stesso.

Le misure proposte in COMPASS richiedono una grandissima statistica che può essere ottenuta solo con fasci molto intensi. L'intensità del fascio di muoni e di adroni da 100 - 200 GeV va da  $5 \times 10^6$  a  $10^8$  particelle/s e di conseguenza la frequenza di trigger è dell'ordine di 10 - 100 kHz. L'elettronica per le MWPC, al cui sviluppo ha partecipato il candidato, deve avere quindi caratteristiche particolari, per garantire tale rateo di trigger.

Il gruppo di Torino di COMPASS, di cui il candidato è responsabile, è stato inoltre proponente, insieme ai colleghi dei LNP del JINR di Dubna, di un primo upgrade dell'apparato sperimentale, grazie ad un nuovo rivelatore (il RichWall) di grande superficie con compiti di tracciamento per le particelle che escono dal RICH1 e come preshower per il calorimetro seguente. La realizzazione di tale rivelatore è stata approvata dalla collaborazione e finanziata dall' INFN ed il gruppo di Torino è stato responsabile dell'intero progetto. Il candidato ha partecipato fin dall'inizio alla progettazione del RichWall, alla realizzazione dell'elettronica di lettura (di cui è in particolare responsabile Torino) ed a tutta la fase di test, sia dei rivelatori, basati su Mini Drift Tubes (MDT), sia dell'elettronica di front-end, diventando, a partire dal 2004, il responsabile del progetto.

Il rivelatore è stato installato nel corso del 2006, ed utilizzato con ottimi risultati nel corso della presa dati del 2006 e del 2007, sia come preshower per il calorimetro elettromagnetico ECAL1, sia come tracciatore a grande angolo.

A partire dal 2004 inoltre è stato avviato un altro importante progetto per lo spettrometro COMPASS, l'upgrade del RICH1 dell'esperimento. In tale ambito, ed in collaborazione con i gruppi di Trieste e Friburgo principalmente, sono state sostituite le parti centrali, a ridosso della linea di fascio, dei rivelatori a MWPC di fotoni Cherenkov, con fotomoltiplicatori multianodo ed elettronica di lettura veloce.

Il Candidato è stato responsabile della realizzazione dell'elettronica analogica di lettura dei segnali di fotomoltiplicatori multianodo, basata sul circuito integrato MAD4. Tale upgrade del rivelatore e la sua elettronica è stato completato nel corso del 2006, installato sul rivelatore ed utilizzato nei periodi di presa dati del 2006 e 2007, con risultati completamente positivi.

Il candidato è stato inoltre responsabile, a partire dal 2006, del progetto di un nuovo circuito integrato di front-end, finanziato dall'INFN, il CMAD.

Lo sviluppo di un nuovo chip si è reso necessario perché nel corso della presa dati con fasci adronici, l'occupazione attesa per singolo canale del RICH1 è al di sopra delle capacità di elaborazione del chip MAD4 attualmente impiegato. L'occupazione per canale passa infatti circa da 1 MHz a 5 MHz.

Il progetto è passato attraverso la produzione di due prototipi ed è successivamente stato deliberato ed inviato alla fonderia il disegno per la produzione nell'autunno del 2007. I circuiti sono stati prodotti, testati e quindi montati sulla nuova elettronica di Front-End espressamente preparata e montata sul RICH1. Dal run 2008 è pienamente funzionante con ottime prestazioni in termini di efficienza, stabilità e affidabilità. Tale nuovo circuito integrato di front-end, per le sue caratteristiche di grande flessibilità e programmabilità, può essere inoltre utilizzato su altri rivelatori, in particolare è stato utilizzato in numerosi test su camere di tipo THGEM nell'ambito della collaborazione RD51, test finalizzati ad un impiego sulla parte restante del RICH1 di COMPASS a partire dal 2015 ed è in fase di test quale chip di front-end in fase di progettazione per le nuove camere a deriva DC5 e DC6 dell'esperimento stesso.

Il candidato è stato uno dei proponenti della misura della polarizzabilità elettrica e magnetica del  $\pi$  attraverso la diffusione Primakoff, riconducibile all'urto Compton dell'adrone con il campo Coulombiano del nucleo bersaglio. Il momento di dipolo del mesone è associato all'interazione forte dei quark costituenti il mesone stesso. Il progetto della misura prevede l'uso dello spettrometro nella sua versione ridotta iniziale. La prima presa dati con fasci di adroni (pioni) dell'esperimento COMPASS, finalizzata alla misura della diffusione Primakoff, è stata realizzata nell'autunno del 2004 ed i dati raccolti, dopo un lungo ed accurato lavoro di analisi sono stati presentati dal Candidato alla Conferenza Internazionale EINN 07 a Mylos (Grecia). In tale presentazione si è dimostrato un buon accordo tra i dati misurati dall'esperimento COMPASS e le predizioni della Teoria Chirale Perturbativa.

Nel settembre del 2006, il Candidato ha tenuto una relazione su invito al XCII della SIF a Torino presentando una panoramica generale sulla fisica a COMPASS.

A partire dal gennaio del 2007, il Candidato è stato per 4 anni uno dei sei membri del Publication Committee (PubCom) dell'esperimento COMPASS, che ha la supervisione per tutte le pubblicazioni legate all'esperimento, come le presentazioni a Congressi e gli articoli scientifici sottomessi per la pubblicazione.

Il Candidato è stato attivamente impegnato nel lavoro di preparazione una nuova proposta di esperimento, sottomessa nel maggio 2010 dalla collaborazione COMPASS al Research Board del CERN. Tale proposta, chiamata COMPASS-II è stata approvata nel settembre 2010. In tale proposta due sono gli argomenti principali di fisica: lo studio delle Generalized Parton Distribution (GPD) functions, attraverso reazioni di Deep Virtual Compton Scattering (DVCS) e lo studio del momento trasverso intrinseco dei partoni, descritto dalle Transverse Momentum Dependent (TMD) Parton Distribution Functions (PDF) attraverso le reazioni di Drell-Yan (DY) su bersaglio polarizzato. Il coordinamento della seconda proposta (DY) è stato sotto la responsabilità del gruppo di Torino di COMPASS, di cui il Candidato è responsabile. La caratteristica fondamentale di COMPASS che permette per la prima volta misure di DY polarizzato è il suo bersaglio polarizzato a multicelle. Grazie alle caratteristiche uniche di COMPASS, nello scenario attuale, è possibile misurare tra l'altro il cambio di segno delle T-odd distribution functions nelle reazioni di SIDIS, già misurate in COMPASS, e le stesse distribuzioni misurate in DY. In accordo con la QCD, la funzione di Sivers deve appunto avere segno opposto se misurata in reazioni SIDIS o DY, e c'è grande interesse a queste

misure per avere una conferma di tale predizione. Queste misure in COMPASS sono state fatte per la prima volta nel corso del run 2015, interamente dedicato a tale misura, e proseguiranno nel run 2018 con un fascio di pioni e lo studio di reazioni del tipo  $\pi^+ p^{\uparrow} \rightarrow \mu^+ \mu^- X$ .

A tale scopo è stato necessario modificare sostanzialmente la zona del bersaglio polarizzato, con l'inserimento, a valle del bersaglio e davanti ai rivelatori dello spettrometro, di un assorbitore adronico. La progettazione e la realizzazione di tale assorbitore è stato interamente svolto dal gruppo di Torino di cui il candidato è responsabile.

Il primo articolo *First measurement of transverse-spin-dependent azimuthal asymmetries in the Drell-Yan process* sulla misura della asimmetria di Sivers è stato sottomesso a fine marzo 2017 e pubblicato su arXive.

Nella primavera del 2008, il Candidato è stato promotore (Presidente dell' Organizing Committee e membro dell' International Advisory Committee) del Workshop Internazionale IWHSS08, il settimo di una serie iniziata a Monaco (1999) e continuata a Dubna (2000), Trieste (2002), Parigi (2004), Praga (2005), and Freiburg (2007), tenutosi a Torino. Al Workshop hanno partecipato oltre 130 fisici da 15 paesi europei ed extraeuropei ed appartenenti ad oltre 40 istituzioni scientifiche/universitarie.

Nella primavera del 2015, il Candidato è stato promotore (Presidente dell' Organizing Committee) del Workshop NPQCD 2015, Cortona 20-22 aprile 2015. Al Workshop hanno partecipato oltre 60 fisici italiani ed europei.

Nella primavera del 2017, il Candidato è stato promotore (Presidente dell' Organizing Committee e dell'International Advisory Committee) del Workshop Internazionale IWHSS17, il XIV di una serie iniziata a Monaco (1999) e continuata a Dubna (2000), Trieste (2002), Parigi (2004), Praga (2005), and Freiburg (2007), tenutosi a Cortona (AR). Al Workshop hanno partecipato oltre 90 fisici da 15 paesi europei ed extraeuropei ed appartenenti ad oltre 30 istituzioni scientifiche/universitarie.

#### **Dal 2001 AL 2012 - ATTIVITA' SVOLTA AL JINR – ESPERIMENTO DUBTO/PAINUC**

Dal 2001 il candidato prende parte alla collaborazione DUBTO (poi PAINUC), che comprende ricercatori dell'INFN di Torino e di vari Istituti di ricerca russi, tra cui il Laboratorio JINR di Dubna (responsabile italiano: Prof. Guido Piragino). L'esperienza ha come scopo lo studio dell'interazione di pioni carichi con nuclei leggeri nella regione energetica al di sotto dei 180 MeV, dove è possibile studiare l'interazione  $\pi N$  con ridotte distorsioni prodotte dall'eccitazione delle risonanze  $\pi N$ . In tale regione è attesa la transizione di stato nucleo-gas di adroni, peraltro osservata negli urti tra nuclei pesanti a  $T \approx 20$  MeV, e che nel caso dei nuclei leggeri è ad oggi del tutto inesplorata.

In generale l'esperienza vuole misurare in modo esclusivo reazioni la cui dinamica comporta l'interazione del  $\pi$  con molti nucleoni, accedendo alla parte a basso momento dello spettro dei secondari, non coperta dagli apparati finora esistenti.

L'apparato sperimentale consiste in uno spettrometro magnetico esposto al fascio secondario di  $\pi$  positivi e negativi del Fasotrone di Dubna e comprende una camera a streamer a pressione atmosferica, in cui il gas di riempimento funziona da bersaglio e da rivelatore delle particelle cariche, un sistema di scintillatori per la selezione in linea degli eventi e un sistema di camere CCD per la ripresa videostereoscopica degli eventi. Il

candidato è stato responsabile dal 2001 del gruppo di Alessandria (sede collegata della sez. INFN di Torino) che ha partecipato all'esperimento e si è occupato in particolare dell'analisi dei dati raccolti.

L'analisi degli eventi ottenuti nel corso degli anni, fino al 2007 ha permesso, tra l'altro, lo studio del processo di emissione di un fotone di alta energia,  $\pi^{\pm 4}\text{He} \rightarrow \pi^{\pm 4}\text{He}\gamma$ ; tale canale è risultato non compatibile con un'emissione da radiazione da frenamento, mentre sarebbe in accordo con un'emissione di corpo nero alla temperatura di 14 MeV, prova dell'avvenuta transizione di stato a gas di adroni. Il risultato apre interessanti quesiti sulla modellizzazione di tale stato in nuclei leggeri, costituiti da un numero esiguo di nucleoni, come nel caso dell'elio.

Nel canale con estrazione del neutrone,  $\pi^- {}^4\text{He} \rightarrow {}^3\text{He}(\pi^- n)$ , è stato possibile osservare la eccitazione della  $\Delta^-$ , per la prima volta ad energie inferiori a quelle di produzione.

Nelle reazioni di rottura del nucleo,  $\pi^+ {}^4\text{He} \rightarrow (\pi^+ nn)pp$ , le misure confermano l'esistenza di una risonanza dibarionica pseudoscalare,  $d'$ , peraltro già osservata dalla collaborazione in emulsione nucleare ed in particolare nelle reazioni di DCX  $\pi^+$ . Tale risonanza  $\pi NN$ , di massa 2.06 GeV e non prodotta nell'interazione NN, potrebbe indicare la presenza di gradi di libertà non nucleonici nei nuclei.

#### Dal 2004 – PROGETTI EUROPEI HADRON PHYSICS

Nel 2004 è nato, nell'ambito del Sixth Framework Programme (FP6) il progetto Europeo **Study of strongly interacting matter (HadronPhysics)**, per promuovere l'accesso a nuove Research Infrastructure (RI), che copre sette Networking Activities e 12 Joint Research Activities (JRA). L'attività ha avuto origine dall'iniziativa di oltre 2000 fisici europei che lavorano nel campo della fisica adronica. In tale ambito il Candidato, che ha collaborato alla preparazione ed allo sviluppo del progetto, è dal 2006 il responsabile dell'unità operativa di Torino che lavora nella Research Activity JRA9: RICH Detectors – Ring Imaging Cherenkov Counters for particle identification che si occupa specificamente dell'elettronica di read-out dei Rich di futura generazione. In tale ambito è stata anche sviluppata la nuova elettronica della parte centrale del rivelatore RICH1 dell'esperimento COMPASS, instrumentata con fotomoltiplicatori multianodo e con una elettronica di lettura veloce.

Nel corso del progetto sono state assegnati due assegni di ricerca per giovani ricercatori, di cui il Candidato è stato supervisore.

Dal gennaio 2009 l'attività nell'ambito dei progetti europei è continuata con la collaborazione “**Hadron physics2**” per lo sviluppo di foto-rivelatori innovativi per contatori Cherenkov e dell'elettronica di read-out di tali rivelatori. In particolare il Candidato è stato responsabile scientifico dell'unità di Torino del Work Package WP17

Tale attività è poi proseguita dal gennaio 2012 nell'ambito del Progetto Europeo “**Hadron physics3**” con lo studio di nuovi rivelatori a gas su tecnologia Thick GEM e lo sviluppo dell'elettronica di read-out per tali rivelatori. Il Candidato è responsabile scientifico dell'unità di Torino del Work Package WP18.

#### Dal 2004 – PROGETTI PRIN

Nel biennio 2004-2005 il Candidato è stato responsabile scientifico, per la sede di Alessandria, di una unità di ricerca comprendente fisici sperimentali e teorici, nell'ambito di un progetto PRIN finanziato dal MIUR il cui responsabile nazionale è il prof. Franco Bradamante. Il lavoro della componente sperimentale dell'unità di ricerca di Alessandria è consistito in particolare nella partecipazione alla preparazione e alla presa dati dell'esperimento COMPASS, che nel 2005 ha fornito la prima misura delle asimmetrie di spin trasverso del deuterio nella diffusione profondamente anelastica semiinclusiva. L'attività di analisi dell'unità di Alessandria si è concentrata in particolare sullo studio della produzione di iperoni lambda nelle reazioni SIDIS con nucleoni su bersaglio polarizzato trasversalmente alla direzione del fascio. Nell'ambito di tale progetto PRIN è stato inoltre organizzato a Como nel settembre 2005 il workshop internazionale Trasversity 2005 e nel quale sono stati presentati, in collaborazione con i colleghi di Torino, i risultati di tali analisi.

A partire dal 2007, per il biennio 2007-2008 il Candidato è stato responsabile scientifico, per la sede di Alessandria, di una unità di ricerca comprendente fisici sperimentali e teorici, nell'ambito di un progetto PRIN finanziato dal MIUR il cui responsabile nazionale è il prof. Franco Bradamante. Il progetto si è occupato dell'analisi dei dati di leptoproduzione di iperoni Lambda da nucleoni polarizzati trasversalmente e lo studio teorico di effetti di spin trasverso in processi adronici. Nell'ambito di tale progetto PRIN è stato inoltre organizzato a Ferrara nel maggio 2008 il workshop internazionale Trasversity 2008.

Nell'ambito del bando PRIN 2015 è stato membro di una collaborazione per un progetto attualmente dal titolo 'The 3Dimensional Nucleon Structure'.

Allegato al CV l'elenco completo delle pubblicazioni.

**Autorizzo al trattamento dei dati personali come da D. Lgs. n. 196/2003**

Luogo e data: Alessandria, 11 luglio 2019

Firmato in originale

**ELENCO TOTALE DELLE PUBBLICAZIONI**  
**DANIELE PANZIERI**  
**Allegato al Curriculum vitae**

Measurement of the cross section for hard exclusive  $\pi^0$  lepton production  
(submitted to Physics Letter B)

Measurement of PT-weighted Sivers asymmetries in lepton production of hadrons  
(2019) Nuclear Physics B 940 34.

Transverse extension of partons in the proton probed by deeply virtual Compton scattering  
(2019) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 793 188

Light isovector resonances in  $\pi^-p \rightarrow \pi^-\pi^-\pi^+p$  at 190 GeV/c  
(2018) Physical Review D 092003

K<sup>-</sup> over K<sup>+</sup> multiplicity ratio for kaons produced in DIS with a large fraction of the virtual-photon energy  
(2018) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 786 390

Longitudinal double-spin asymmetry  $A_{1p}$  and spin dependent structure function  $g_{1p}$  of the proton at small values of  $x$  and  $Q^2$   
(2018) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 781 464

Transverse-momentum-dependent multiplicities of charged hadrons in muon-deuteron deep inelastic scattering  
(2018) Physical Review D 97 0321006

New analysis of  $\eta\pi$  tensor resonances measured at the COMPASS experiment  
(2018) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 779 464

Search for muon production of  $X(3872)$  at COMPASS and indication of a new state  $X^{\sim}(3872)$   
(2018) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 783 334

First measurement of transverse-spin-dependent azimuthal asymmetries in the Drell-Yan process  
(2017) Physical Review Letter, 119 112002

First measurement of the Sivers asymmetry for gluons from SIDIS data  
(2017) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 772 854

Final COMPASS results on the deuteron spin-dependent structure function  $g_1^d$  and the Bjorken sum rule  
(2017) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 769, pp. 34-41.

Multiplicities of charged kaons from deep-inelastic muon scattering off an isoscalar target  
(2017) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 767, pp. 133-141.

Leading-order determination of the gluon polarisation from semi-inclusive deep inelastic scattering data  
(2017) European Physical Journal C, 77 (4), art. no. 209

Exclusive  $\omega$  meson muon production on transversely polarised protons  
(2017) Nuclear Physics B, 915, pp. 454-475.

Multiplicities of charged pions and charged hadrons from deep-inelastic scattering of muons off an isoscalar target  
(2017) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 764, pp. 1-10.

The MPGD-based photon detectors for the upgrade of COMPASS RICH-1  
(2017) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, . Article in Press.

Multi agent system for cooperative energy management in microgrids  
(2016) IEEEIC 2016 - International Conference on Environment and Electrical Engineering, art. no.

Prot. in ARRIVO: AOO: CSI, N.Prot. 00012176 del 11/07/2019

7555822.

Status of the development of large area photon detectors based on THGEMs and hybrid MPGD architectures for Cherenkov imaging applications  
(2016) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 824, pp. 139-142.

The spin structure function  $g_1$  of the proton and a test of the Bjorken sum rule  
(2016) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 753, pp. 18-28.

Interplay among transversity induced asymmetries in hadron leptonproduction  
(2016) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 753, pp. 406-411.

Longitudinal double spin asymmetries in single hadron quasi-real photoproduction at high  $p_T$   
(2016) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 753, pp. 573-579.

Hybrid MPGD-based detectors of single photons for the upgrade of COMPASS RICH-1  
(2015) 2015 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, NSS/MIC 2015, art. no. 7581949.

Observation of a New Narrow Axial-Vector Meson  $a_1(1420)$   
(2015) Physical Review Letters, 115 (8), art. no. 082001, .

The COMPASS setup for physics with hadron beams  
(2015) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 779, pp. 69-115.

The gain in Thick GEM multipliers and its time-evolution  
(2015) Journal of Instrumentation, 10 (3), art. no. P03026, .

Search for exclusive photoproduction of  $Z_c^\pm(3900)$  at COMPASS  
(2015) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 742, pp. 330-334.

Measurement of the charged-pion polarizability  
(2015) Physical Review Letters, 114 (6), art. no. 062002

Odd and even partial waves of  $\eta\pi^-$  and  $\eta'\pi^-$  in  $\pi^-p \rightarrow \eta(\prime)\pi^-$   
(2015) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 740, pp. 303-311.

Collins and Sivers asymmetries in muonproduction of pions and kaons off transversely polarised protons  
(2015) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 744, pp. 250-259.

Erratum to: Hadron transverse momentum distributions in muon deep inelastic scattering at 160 GeV/c [European Physical Journal C, 73, 2531, (2013), DOI:10.1140/epjc/s10052-013-2531-6]  
(2015) European Physical Journal C, 75 (2), pp. 1-3.

Status and progress of the novel photon detectors based on THGEM and hybrid MPGD architectures  
(2014) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 766, pp. 133-137.

Monitoring of absolute mirror alignment at COMPASS RICH-1 detector  
(2014) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 766, pp. 208-211.

A high-statistics measurement of transverse spin effects in dihadron production from muon-proton semi-inclusive deep-inelastic scattering  
(2014) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 736, pp. 124-131.

Long term experience and performance of COMPASS RICH-1  
(2014) Journal of Instrumentation, 9 (9), art. no. C09011, .

MPGD-based counters of single photons developed for COMPASS RICH-1

Prot. in ARRIVO: AOO: CSI, N.Prot. 00012176 del 11/07/2019

(2014) Journal of Instrumentation, 9 (9), art. no. C09017, .

Transverse target spin asymmetries in exclusive  $p_0$  muoproduction

(2014) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 731, pp. 19-26.

Progresses in the production of large-size THGEM boards

(2014) Journal of Instrumentation, 9 (3), art. no. C03046, .

Spin alignment and violation of the OZI rule in exclusive  $\omega$  and  $\phi$  production in pp collisions

(2014) Nuclear Physics B, 886, pp. 1078-1101.

MPGD-based counters of single photons for Cherenkov imaging counters

(2014) Proceedings of Science, art. no. 075

Measurement of radiative widths of  $a_2(1320)$  and  $\pi_2(1670)$

(2014) European Physical Journal A, 50 (4), art. no. 79, pp. 1-19.

Measurement of azimuthal hadron asymmetries in semi-inclusive deep inelastic scattering off unpolarised nucleons

(2014) Nuclear Physics B, 886, pp. 1046-1077.

Status and progress of novel photon detectors based on THGEM and hybrid MPGD architectures

(2013) Journal of Instrumentation, 8 (12), art. no. C12005

Measurement of the cross section for high-pT hadron production in the scattering of 160-GeV/c muons off nucleons

(2013) Physical Review D - Particles, Fields, Gravitation and Cosmology, 88 (9), art. no. 091101,

THGEM-based photon detectors for the upgrade of COMPASS RICH-1

(2013) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 732, pp. 264-268.

Hadron transverse momentum distributions in muon deep inelastic scattering at 160 GeV/c

(2013) European Physical Journal C, 73 (8), art. no. 2531, 15 p.

Leading and next-to-leading order gluon polarization in the nucleon and longitudinal double spin asymmetries from open charm muoproduction

(2013) Physical Review D - Particles, Fields, Gravitation and Cosmology, 87 (5), art. no. 052018

Leading order determination of the gluon polarisation from DIS events with high-pT hadron pairs

(2013) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 718 (3), pp. 922-930.

Ion backflow in thick GEM-based detectors of single photons

(2013) Journal of Instrumentation, 8 (1), art. no. P01021, .

Development of large size photon detectors based on THGEM and hybrid MPGD architectures

(2013) IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, art. no. 6829464, .

Study of  $\Sigma(1385)$  and  $\Xi(1321)$  hyperon and antihyperon production in deep inelastic muon scattering

(2013) European Physical Journal C, 73 (10), art. no. 2581, pp. 1-9.

Detection of single photons with THickGEM-based counters

(2012) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 695, pp. 159-162.

Detection of single photons with hybrid ThickGEM-based counters

(2012) Proceedings of Science, 7 p

Exclusive  $\phi$   $\theta$  muoproduction on transversely polarised protons and deuterons

(2012) Nuclear Physics B, 865 (1), pp. 1-20.

Thick GEM-based detectors of single photons for Cherenkov imaging applications

(2012) IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, art. no. 6551205, pp. 763-767.

Ion back flow reduction in a THGEM based detector

(2012) IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, art. no. 6551292, pp. 1165-1171.

II - Experimental investigation of transverse spin asymmetries in  $\mu$ -p SIDIS processes: Sivvers

asymmetries

(2012) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 717 (4-5), pp. 383-389.

I - Experimental investigation of transverse spin asymmetries in  $\mu$ -p SIDIS processes: Collins asymmetries

(2012) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 717 (4-5), pp. 376-382.

Transverse spin effects in hadron-pair production from semi-inclusive deep inelastic scattering

(2012) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 713 (1), pp. 10-16.

First measurement of chiral dynamics in  $\pi^- \rightarrow \gamma \pi^- \pi^- \pi^+$

(2012) Physical Review Letters, 108 (19), art. no. 192001.

Detection of single photons with ThickGEM-based counters

(2012) Journal of Instrumentation, 7 (2), art. no. C02014.

Formation of the  $S = -1$  resonance  $X(2265)$  in the reaction  $pp \rightarrow X + K^+$  at 2.50 and 2.85 GeV

(2012) European Physical Journal A, 48 (12), art. no. 183, pp. 1-5.

$D^*$  and  $D$  meson production in muon nucleon interactions at 160 GeV/c

(2012) European Physical Journal C, 72 (12), art. no. 2253, pp. 1-17.

Pion induced reactions on  $4\text{He}$  in the  $\Delta$  resonance energy region

(2011) Journal of Physics: Conference Series, 312 (SECTION 2), art. no. 022014.

Single-photon detection with THGEM-based counters

(2011) Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica C, 34 (6), pp. 52-56.

The experience of building and operating COMPASS RICH-1

(2011) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 639 (1), pp. 15-19.

Progress towards a THGEM-based detector of single photons

(2011) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 639 (1), pp. 130-133.

Mirror alignment control for COMPASS RICH-1 detector

(2011) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 639 (1), pp. 219-221.

Particle identification with COMPASS RICH-1

(2011) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 631 (1), pp. 26-39.

Pion induced reactions on  $4\text{He}$  in the  $\Delta$  resonance energy region

(2011) International Journal of Modern Physics A, 26 (3-4), pp. 705-707.

Particle identification with the fast COMPASS RICH-1 detector

(2010) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 623 (1), pp. 330-332.

Micropattern gaseous photon detectors for Cherenkov imaging counters

(2010) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 623 (1), pp. 129-131.

Azimuthal asymmetries of charged hadrons produced by high-energy muons scattered off longitudinally polarised deuterons

(2010) European Physical Journal C, 70 (1), pp. 39-49.

Quark helicity distributions from longitudinal spin asymmetries in muon-proton and muon-deuteron scattering

(2010) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 693 (3), pp. 227-235.

Measurement of the Collins and Sivers asymmetries on transversely polarised protons

(2010) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 692 (4), pp. 240-246.

The spin-dependent structure function of the proton  $g_1^p$  and a test of the Bjorken sum rule  
(2010) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 690 (5),  
pp. 466-472.

Observation of a  $J^{PC}=1^{--}$  exotic resonance in diffractive dissociation of 190 GeV/c  $\pi^-$  Into  $\pi^-\pi^+\pi^0$   
(2010) Physical Review Letters, 104 (24), art. no. 241803, .

THGEM based photon detector for Cherenkov imaging applications  
(2010) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators,  
Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 617 (1-3), pp. 396-397.

Design and construction of the fast photon detection system for COMPASS RICH-1  
(2010) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators,  
Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 616 (1), pp. 21-37.

Development of THGEM-based photon detectors for Cherenkov Imaging Counters  
(2010) Journal of Instrumentation, 5 (3), art. no. P03009, .

DISTO data on  $K^- p$   
(2010) Nuclear Physics A, 835 (1-4), pp. 43-50.

Indication of a deeply bound and compact  $K^-pp$  state formed in the  $pp \rightarrow p\Lambda K^+$  reaction at 2.85 GeV  
(2010) Physical Review Letters, 104 (13), art. no. 132502.

Measurement of the longitudinal spin transfer to  $\Lambda$  and  $\bar{\Lambda}$  hyperons in polarised muon DIS  
(2009) European Physical Journal C, 64 (2), pp. 171-179.

The quest for a third generation of gaseous photon detectors for Cherenkov imaging counters  
(2009) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators,  
Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 610 (1), pp. 174-177.

Flavour separation of helicity distributions from deep inelastic muon-deuteron scattering  
(2009) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 680 (3),  
pp. 217-224.

First exclusive measurements of the  $K^- pp$  state populated in the  $pp \rightarrow K^+ \Lambda p$  reaction at 2.85 GeV  
(2009) Hyperfine Interactions, 193 (1-3), pp. 181-187.

Estimation of the mass of the lighter particle emitted in a two body decay reaction  
(2009) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators,  
Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 604 (3), pp. 694-700.

Gluon polarisation in the nucleon and longitudinal double spin asymmetries from open charm  
muon production  
(2009) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 676 (1-  
3), pp. 31-38.

The upgrade project of the RICH-1 of the COMPASS experiment  
(2009) Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica C, 32 (3-4), pp. 407-412.

Development of a THGEM-based photon detector for RICH applications  
(2009) Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica C, 32 (3-4), pp. 419-423.

Collins and Sivers asymmetries for pions and kaons in muon-deuteron DIS  
(2009) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 673 (2),  
pp. 127-135.

Development of a THGEM-based photon detector for RICH applications  
(2009) 21st Conference on High Energy Physics, IFAE 2009, pp. 419-423.

The upgrade project of the RICH-1 of the COMPASS experiment  
(2009) 21st Conference on High Energy Physics, IFAE 2009, pp. 407-412.

Fast photon-detection for COMPASS RICH-1  
(2008) Astroparticle, Particle and Space Physics, Detectors and Medical Physics Applications -  
Proceedings of the 10th Conference, pp. 45-49.

Micropattern gaseous photon detectors for cherenkov imaging counters  
(2008) IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, art. no. 4774663, pp. 1335-1340.

Prot. in ARRIVO: AOO: CSI, N.Prot. 00012176 del 11/07/2019

The COMPASS RICH-1 detector upgrade  
(2008) European Physical Journal: Special Topics, 162 (1), pp. 251-257.

The COMPASS RICH-1 fast photon detection system  
(2008) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 595 (1), pp. 23-26.

The fast readout system for the MAPMTs of COMPASS RICH-1  
(2008) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 595 (1), pp. 204-207.

Pattern recognition and PID for COMPASS RICH-1  
(2008) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 595 (1), pp. 233-236.

On-line mirror alignment monitoring method for COMPASS RICH-1  
(2008) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 595 (1), pp. 194-196.

The characterisation of the multianode photomultiplier tubes for the RICH-1 upgrade project at COMPASS  
(2008) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 595 (1), pp. 177-179.

$\pi$ -4He interactions at  $T=106$  MeV  
(2008) Progress in Particle and Nuclear Physics, 61 (1), pp. 308-309.

Read-out electronics for fast photon detection with COMPASS RICH-1  
(2008) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 587 (2-3), pp. 371-387.

The polarised valence quark distribution from semi-inclusive DIS  
(2008) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 660 (5), pp. 458-465.

A full custom front-end ASIC prototype "CMAD" for COMPASS-RICH-1 particle detector system  
(2007) Proceedings of the 2007 Ph.D Research in Microelectronics and Electronics conference, PRIME 2007, art. no. 4401822, pp. 105-108.

A highly integrated low-cost readout system for the COMPASS RICH-1 detector  
(2007) IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, 3, art. no. 4436501, pp. 1762-1765.

Two-prong  $\pi$ he interactions at 106 MeV  
(2007) European Physical Journal A, 34 (3), pp. 255-269.

The fast photon detection system of COMPASS RICH-1  
(2007) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 581 (1-2 SPEC. ISS.), pp. 419-422.

Double spin asymmetry in exclusive  $p_0$  muoproduction at COMPASS  
(2007) European Physical Journal C, 52 (2), pp. 255-265.

Fast photon detection for the COMPASS RICH detector  
(2007) Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, 172, pp. 75-78.

Fast photon detection for particle identification with COMPASS RICH-1  
(2007) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 580 (2), pp. 906-909.

The COMPASS experiment at CERN  
(2007) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 577 (3), pp. 455-518.

Spin asymmetry  $A_1$  and the spin-dependent structure function  $g_1$  of the deuteron at low values of  $x$  and  $Q^2$   
(2007) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 647 (5-6), pp. 330-340.

The deuteron spin-dependent structure function  $g_1$  and its first moment

(2007) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 647 (1), pp. 8-17.

A new measurement of the Collins and Sivers asymmetries on a transversely polarised deuteron target

(2007) Nuclear Physics B, 765 (1-2), pp. 31-70.

Fast photon detection for COMPASS RICH-1

(2007) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 572 (1 SPEC. ISS.), pp. 419-421.

"cMAD", a full custom asic for the upgrade of compass RICH-1

(2007) Proceedings - 12th Workshop on Electronics for LHC and Future Experiments, LECC 2006, pp. 434-437.

On the muon neutrino mass

(2006) Nuclear Physics A, 780 (1-2), pp. 78-89.

Studies for a fast rich

(2006) Astroparticle, Particle and Space Physics, Detectors and Medical Physics Applications - Proceedings of the 9th Conference, pp. 103-107.

Single and double spin N-N interactions at GSI

(2006) Transversity 2005, pp. 112-119.

Search for the  $\Theta^+$  (1530) pentaquark in antiproton  $^4\text{He}$  annihilation at rest

(2006) Nuclear Physics A, 779, pp. 116-141.

Design and status of COMPASS FAST-RICH

(2006) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 567 (1 SPEC. ISS.), pp. 114-117.

$\pi^{\pm}4\text{-He}$  interactions at 218 MeV/c

(2006) Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica B, 121 (8), pp. 771-780.

Gluon polarization in the nucleon from quasi-real photoproduction of high-pT hadron pairs

(2006) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 633 (1), pp. 25-32.

Single and double spin N-N interactions at GSI

(2006) Transversity 2005: Como, Italy, 7-10 September 2005, pp. 112-119.

Studies for a fast RICH

(2005) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 553 (1-2), pp. 53-57.

Search for the  $\Phi$  (1860) pentaquark at COMPASS

(2005) European Physical Journal C, 41 (4), pp. 469-474.

First measurement of the transverse spin asymmetries of the deuteron in semi-inclusive deep inelastic scattering

(2005) Physical Review Letters, 94 (20), art. no. 202002, .

Angular distributions of  $\eta$  meson production in pp reactions

(2005) International Journal of Modern Physics A, 20 (2-3), pp. 664-667.

Measurement of the spin structure of the deuteron in the DIS region

(2005) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 612 (3-4), pp. 154-164.

Spin physics with antiprotons

(2005) Czechoslovak Journal of Physics, 55 (1 SUPPL. A), pp. A74-A92.

Solar Power Advanced Research Knowledge (SPARK) a computerised model for solar power satellite concepts

(2004) European Space Agency, (Special Publication) ESA SP, (567), pp. 45-48.

Dynamical selection rules from  $p\bar{p}$ annihilation at rest in three meson final states

(2004) European Physical Journal C, 35 (2), pp. 177-187.

Exclusive  $\eta$  production in proton-proton reactions

(2004) Physical Review C - Nuclear Physics, 69 (6), pp. 064003-1.

$\bar{p}$  annihilation into four charged pions at rest and in flight: The obelix collaboration  
(2004) European Physical Journal C, 35 (1), pp. 21-33.

The front-end electronics for the COMPASS MWPCs  
(2004) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 518 (1-2), pp. 495-497.

Exclusive  $\eta$  production in pp reactions  
(2003) European Physical Journal A, 18 (2-3), pp. 331-334.

Vector meson production at 3.67 GeV/c  
(2003) Nuclear Physics A, 721, pp. 613c-616c.

Results of the coupled channel analysis of  $\pi^+\pi^-\pi^0$ ,  $K+K-\pi^0$  and  $K^\pm KS \ 0\pi^\mp$  final states from  $\bar{p}$  annihilation at rest in hydrogen targets at different densities  
(2003) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 561 (3-4), pp. 233-240.

Coupled channel analysis of  $\pi^+\pi^-\pi^0$ ,  $K+K-\pi^0$  and  $K^\pm Ks \ 0\pi^\mp$  from  $\bar{p}$  annihilation at rest in hydrogen targets at three densities: The obelix collaboration  
(2003) European Physical Journal C, 26 (3), pp. 371-388.

Protonium annihilation into  $\pi^0\pi^0$  at rest in a liquid hydrogen target  
(2002) Physical Review D, 65 (1), art. no. 012001, .

Study of the  $K+K-\pi^+\pi^-\pi^0$  final state in antiproton annihilation at rest in gaseous hydrogen at NTP with the OBELIX spectrometer  
(2002) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 545 (3-4), pp. 261-271.

Single and multinucleon antiproton-4He annihilation at rest (2002) Nuclear Physics A, 700 (1-2), pp. 159-192.

$\rho \ 0$  meson production in the  $pp \rightarrow ppp \ +\pi^-$  reaction at 3.67 GeV/c  
(2002) Physical Review Letters, 89 (9), art. no. 092001, pp. 920011-920014.

Measurement of the  $\bar{p} \rightarrow \phi n$  Pontecorvo reaction for antiproton annihilation at rest  
(2002) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, pp 34-42

COMPASS RICH-1  
(2002) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 478 (1-2), pp. 340-343.

Design and performances of fast front-end electronics for COMPASS MWPCs  
(2001) IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, 2, pp. 932-935.

Contribution from S and P waves in  $p\bar{p}$  annihilation at rest (2001) Nuclear Physics A, 686 (1-4), pp. 317-340.

New results from DISTO for spin observables in exclusive hyperon production (2001) Nuclear Physics A, 691 (1-2), pp. 329c-335c.

Resonant and non resonant  $K^-$  production in pp reactions at 2.85 GeV  
(2001) Nuclear Physics A, 691 (1-2), pp. 395c-398c.

Meson production in pp reactions at 2.85 GeV  
(2001) Nuclear Physics A, 684 (1-4), pp. 440-442.

$\phi$  and  $\omega$  meson production in pp reactions at  $p_{lab}=3.67$  GeV/c  
(2001) Physical Review C - Nuclear Physics, 63 (2), pp. 240041-2400415.

An analysis of the contribution of isospin two  $\pi\pi$  resonant states in the  $\bar{p} \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^-$  annihilation reaction  
(2000) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 495 (3-4), pp. 284-288.

Meson and hyperon production results from the DISTO spectrometer at SATURNE  
(2000) Acta Physica Polonica B, 31 (10-11), pp. 2419-2429.

Prot. in ARRIVO: AOO: CSI, N. Prot. 00012176 del 11/07/2019

- Production of  $\eta'$  mesons in the  $pp \rightarrow pp\eta'$  reaction at 3.67 GeV/c  
 (2000) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 491 (1-2), pp. 29-35.
- Measurements of cascade times of antiprotons in molecular hydrogen and helium  
 (2000) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 487 (3-4), pp. 224-228.
- Antineutron-proton total cross section from 50 to 400 MeV/c  
 (2000) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 475 (3-4), pp. 378-385.
- Production of  $\eta'$  and  $K^-$  mesons in  $pp$  reactions at 2.85 GeV  
 (2000) Nuclear Physics A, 663-664 (1-2), pp. 569c-572c.
- Spin observables in hyperon production  
 (2000) Nuclear Physics A, 663-664 (1-2), pp. 477c-480c.
- Study of  $\eta$  and  $\eta'$  production in  $np$  annihilations  
 (1999) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 471 (2-3), pp. 263-270.
- Light baryon production in binary  $\bar{p}$  annihilation reactions at rest  
 (1999) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 460 (1-2), pp. 248-255.
- $\bar{B}_4$  and  $p$  He annihilation cross sections at very low energy  
 (1999) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 461 (4), pp. 413-416.
- $K^-$  meson production in the proton-proton reaction at 3.67 GeV/c  
 (1999) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 468 (1-2), pp. 7-12.
- Evidence for two pseudoscalar states in the 1.4-1.5 GeV mass region  
 (1999) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 462 (3-4), pp. 453-461.
- Spin transfer in exclusive  $\Lambda$  production from  $p \rightarrow p$  collisions at 3.67 GeV/c  
 (1999) Physical Review Letters, 83 (8), pp. 1534-1537.
- The COMPASS RICH project  
 (1999) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 433 (1-2), pp. 207-211.
- Monte Carlo studies of the COMPASS RICH 1 optical properties  
 (1999) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 433 (1), pp. 401-405.
- BORA: A front end board, with local intelligence, for the RICH detector of the Compass Collaboration  
 (1999) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 433 (1), pp. 426-431.
- Study of  $\bar{p} \rightarrow \phi\pi^+$  and  $\bar{p} \rightarrow \omega\pi^+$  annihilation reactions in flight: The OBELIX collaboration (1999) Nuclear Physics A, 655 (3-4), pp. 453-494. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0033575635&partnerID=40&md5=d12b0dfb8bf10e80b4787d9d9ec3b59c>
- The COMPASS RICH1 detector  
 (1999) Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, 78 (1-3), pp. 354-359.
- DISTO: A large acceptance multiparticle spectrometer for 1-3 GeV proton beams  
 (1999) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 426 (2), pp. 385-404.
- Production of  $\phi$  and  $\omega$  mesons in near-threshold  $pp$  reactions  
 (1998) Physical Review Letters, 81 (21), pp. 4572-4575.
- Study of  $\phi$  and  $f'(1525)$  meson production in  $\bar{p}$  annihilation at rest  
 (1998) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 438 (3-4), pp. 430-440.
- Study of the isovector scalar mesons in the channel  $\bar{p} \rightarrow K^+K^0 S\pi^-$  at rest with initial angular momentum state selection  
 (1998) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 434 (1-2), pp. 180-188.

Measurements of the reaction  $\bar{p} \rightarrow \phi\eta$  of antiproton annihilation at rest at three hydrogen target densities  
 (1998) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 432 (3-4), pp. 427-435.

Study of the  $f_0(1500)/f_2(1565)$  production in the exclusive annihilation  $\bar{p} \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  in flight  
 (1998) Physical Review D - Particles, Fields, Gravitation and Cosmology, 57 (1), pp. 55-66.

Study of the  $\bar{p} \rightarrow 2\pi^+\pi^0$  annihilation from S states  
 (1997) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 414 (1-2), pp. 220-228.

Study of  $\bar{p}$  annihilation in two mesons in the momentum range between 50 to 400 MeV/c with OBELIX  
 (1997) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 410 (2-4), pp. 344-352.

Spin-parity analysis of the final state  $\pi^+\pi^-\pi^0$  from  $\bar{p}$  annihilation at rest in hydrogen targets at three densities  
 (1997) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 408 (1-4), pp. 476-486.

New data on  $\Delta^{++}$ -baryon production in  $\bar{p}$  annihilation at rest  
 (1997) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 403 (1-2), pp. 177-184.

N annihilation in flight in two mesons in the momentum range between 50 and 400 MeV/c with OBELIX  
 (1997) Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, 56 (1-2), pp. 227-233.

Results on spin-parity analysis of  $\bar{p} \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  in flight  
 (1997) Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, 56 (1-2), pp. 160-165.

Study of the isovector scalar mesons in the channel  $\bar{p} \rightarrow K\pm K^0 \pi\mp$  at three hydrogen target densities  
 (1997) Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, 56 (1-2), pp. 262-269.

Results on spin-parity analysis of  $\bar{p} \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  annihilation at rest from different density hydrogen targets  
 (1997) Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, 56 (1-2), pp. 146-153.

$\bar{p}$  partial cross sections at low energy  
 (1997) Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, 56 (1-2), pp. 58-65.

Meson spectroscopy with very low momentum antiprotons  
 (1997) Nuclear Physics B - Proceedings Supplements, 56 (1-2), pp. 188-193.

A search for axial vectors in  $\bar{p} \rightarrow K\pm K^0 \text{ miss}\pi^+\pi^-\pi^0$  annihilations at rest in gaseous hydrogen at NTP  
 (1997) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 400 (1-2), pp. 226-238.

Changes in the annihilation delay time distribution of stopped antiprotons in helium gas, due to contaminants. - II  
 (1997) Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica A, 110 (4), pp. 419-428.

Experimental antiproton nuclear stopping power in H2 and D2  
 (1996) Physical Review A - Atomic, Molecular, and Optical Physics, 54 (6), pp. 5441-5444.

New data on OZI rule violation in  $\bar{p}$  annihilation at rest  
 (1996) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 388 (2), pp. 450-456.

Protonium annihilation into KSKL at three different target densities  
 (1996) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 386 (1-4), pp. 486-494.

Exotic trapping of antiprotons in 4He : Dependence on pressure  
 (1996) Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica A, 109 (10), pp. 1505-1516.

Measurement of the  $\eta(1440) \rightarrow K^\pm K^l 0\pi^\mp$  production rates from  $\bar{p}$  annihilation at rest at three different hydrogen target densities

(1996) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 385 (1-4), pp. 493-499.

Antiproton stopping power at very low energies

(1996) Physics of Atomic Nuclei, 59 (9), pp. 1497-1502.

Study of E/i Decays into KK  $\pi$  in the Reaction  $\bar{p} \rightarrow E/i \pi\pi$

(1996) Physics of Atomic Nuclei, 59 (8), pp. 1312-1318.

$\bar{p}$  Annihilation Cross Sections at Very Low Energy

(1996) Physics of Atomic Nuclei, 59 (8), pp. 1371-1376.

Study of  $\phi\pi\pi$  Final State in  $\bar{p}$  Annihilation at Rest

(1996) Physics of Atomic Nuclei, 59 (8), pp. 1450-1454.

Strangeness Production in  $\bar{p}$  Pontecorvo Reactions at Rest

(1996) Physics of Atomic Nuclei, 59 (8), pp. 1455-1459.

$\bar{p}$  annihilation cross section at very low energy

(1996) Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics, 369 (1), pp. 77-85.

$\phi\pi^0$  and  $\phi\eta$  production in antiproton annihilation at rest in a hydrogen gas target at NTP

(1995) Nuclear Physics, Section A, 594 (4), pp. 375-405.

E  $\tau$  decay to KK $\pi$  in  $\bar{p}$  annihilation at rest

(1995) Physics Letters B, 361 (1-4), pp. 187-198.

Measurements of the  $\bar{p}d$  annihilation at rest

(1995) Nuclear Physics, Section A, 585 (4), pp. 577-617.

Antiproton slowing down in H<sub>2</sub> and He and evidence of nuclear stopping power

(1995) Physical Review Letters, 74 (3), pp. 371-374.

Measurement of the frequency of the annihilation reaction  $\bar{p}p \rightarrow \pi^0\pi^0$  at rest in a NTP hydrogen target

(1994) Physics Letters B, 337 (1-2), pp. 226-234.

$\phi$  and  $\omega$  meson production in  $np$  annihilation and the OZI rule

(1994) Physics Letters B, 334 (1-2), pp. 237-243.

Measurement of the  $\bar{p}p \rightarrow \pi^+\pi^-$  and  $\bar{p}p \rightarrow K^+K^-$  annihilation frequencies in a 5 mb hydrogen gas target

(1994) Physics Letters B, 329 (2-3), pp. 407-412.

An experimental study of antiproton-4He annihilation at rest

(1994) Nuclear Physics, Section A, 569 (4), pp. 761-790.

Evidence of a new state at  $\sim 1660$  MeV/c<sup>2</sup> observed in annihilations

(1994) Il Nuovo Cimento A Series 11, 107 (11), pp. 2243-2252.

Annihilation cross-sections of antineutrons on C, Al, Cu, Sn and Pb at low momenta (180-280 MeV/c) with the OBELIX spectrometer

(1994) Il Nuovo Cimento A Series 11, 107 (6), pp. 943-953.

The  $\phi\pi^+/\omega\pi^+$  ratio from annihilations

(1994) Il Nuovo Cimento A Series 11, 107 (11), pp. 2271-2278.

Changes in the Annihilation's delay time distribution of stopped antiprotons in helium gas, due to contaminants.-I

(1994) Il Nuovo Cimento A, 107 (8), pp. 1325-1337.

First results from OBELIX on reactions with detected neutral pions in the final state

(1994) Il Nuovo Cimento A Series 11, 107 (11), pp. 2287-2303.

A study of pontecorvo reactions in antiproton deuterium annihilations at rest

(1994) Il Nuovo Cimento A Series 11, 107 (12), pp. 2837-2852.

Study of the OZI-rule violation in antiproton annihilation in deuterium at rest

Prot. in ARRIVO: AOO: CSI, N.Prot. 00012176 del 11/07/2019

(1994) Il Nuovo Cimento A Series 11, 107 (11), pp. 2315-2320.

Meson spectroscopy with S- and P-wave-dominant initial-state selection in (Formula presented.) annihilation

(1994) Il Nuovo Cimento A Series 11, 107 (11), pp. 2279-2286.

Observation of parton fragmentation in  $p^{20}\text{Ne}$  reactions at 607 mev/c<sup>2</sup>

(1993) Physica Scripta, 48 (6), pp. 653-655.

A new measurement of the Pontecorvo reaction  $p + d \rightarrow \pi^- + p$  with the OBELIX spectrometer at LEAR

(1993) Nuclear Physics, Section A, 562 (4), pp. 617-643.

Acoplanar Di-leptons and Mixed events on the basis of two supergravity model predictions

(1993) Il Nuovo Cimento A, 106 (10), pp. 1389-1426.

New results on meson spectroscopy from Obelix

(1993) Nuclear Physics, Section A, 558 (C), pp. 13-26.

Antinucleon-nucleon annihilation cross section measurements at low energies

(1993) Nuclear Physics, Section A, 558 (C), pp. 137-146.

Nuclear physics with OBELIX

(1993) Nuclear Physics, Section A, 558 (C), pp. 369-381.

Antiproton-4He interactions at 200 MeV/c

(1993) Physics Letters B, 305 (1-2), pp. 18-22.

First results on nuclear physics with antineutrons by the OBELIX spectrometer

(1993) Nuclear Physics, Section A, 553 (C), pp. 651-654.

Antiproton stopping power in hydrogen below 120 keV and the Barkas effect

(1993) Physical Review A, 47 (5), pp. 4517-4520.

On-line analysis for the OBELIX drift chambers at LEAR

(1992) Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, 323 (1-2), pp. 523-527.

Data acquisition system for the 100 MHz FADC front end of the OBELIX tracking drift chamber at LEAR

(1992) p. 274.

Real-time pulse shape analysis with DSP for the jet type drift chambers of OBELIX at LEAR

(1992) pp. 175-181.

Meson spectroscopy with antineutrons

(1992) Physics Letters B, 287 (4), pp. 368-374.

Protonium annihilation in P-wave using low-density ( $p_{\text{variant}}/p_{\text{variant}} \sim 10^{-3}$ ) hydrogen targets. Measurements of cascade times and widths

(1992) Physics Letters B, 285 (1-2), pp. 15-20.

A measurement of the  $K^+K^- \pi^+\pi^-$  ratio from p annihilation in deuterium and hydrogen gas

(1992) Physics Letters B, 284 (3-4), pp. 448-452.

Glueball candidates seen in the reactions  $p^{20}\text{Ne}$  and  $p^4\text{He}$  at 607 mev/c

(1991) Physica Scripta, 44 (4), pp. 323-327.

Possible production of glueballs in  $p^4\text{He}$  reactions at 0.6 GeV c<sup>-1</sup> incident momentum

(1991) Physica Scripta, 43 (5), pp. 456-459.

Measurement of the pp annihilation cross-sections at very low energies

(1991) Physics Letters B, 256 (3-4), pp. 349-353.

Strangeness production in antiproton annihilation at rest on  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$  and  $^{20}\text{Ne}$

(1991) Nuclear Physics, Section A, 526 (3-4), pp. 415-452.

Evidence for leading mesons in  $^4\text{He}$  reactions at 0.6 gev/c-1 incident momentum

(1991) Physica Scripta, 43 (1), pp. 9-10.

Pionic annihilation of antiprotons stopped on  $^3\text{He}$

(1990) Nuclear Physics, Section A, 518 (4), pp. 683-708.

Note on s-production in  $\bar{p}$ -nucleus reactions at 607 MeV/c incident momentum  
(1990) Physica Scripta, 42 (3), pp. 263-265.

Lambda/kaon relative production in  $\bar{p}$  + nucleus reactions in terms of a quark recombination diagram  
(1990) Physica Scripta, 42 (1), pp. 22-24.

Antiproton-helium annihilation around 45 MeV/c  
(1989) Physics Letters B, 230 (1-2), pp. 36-40.

Antiproton-neon annihilation at rest and at 607 MeV/c  
(1989) Nuclear Physics, Section A, 491 (4), pp. 541-571.

Evidence of isospin effects in antiproton-nucleus annihilation  
(1989) Nuclear Physics, Section A, 491 (4), pp. 572-586.

An observation of a leading meson in  $\bar{p}$ Ne reaction at 607 MeV/c incident momentum  
(1989) Physics Letters B, 217 (1-2), pp. 43-47.

Isospin effects in  $p^3\text{He}$  annihilation at rest  
(1989) Nuclear Physics B (Proceedings Supplements), 8 (C), pp. 274-276.

$p$ - $^3\text{He}$  reaction cross section at 200 MeV/c  
(1988) Physics Letters B, 215 (2), pp. 247-250.

Light nucleus production in  $\bar{p}$ He annihilation between 0 and 600 MeV/c  
(1988) Il Nuovo Cimento A, 100 (3), pp. 323-338.

Annihilation of antiprotons at rest in  $^3\text{He}$  and  $^4\text{He}$   
(1987) Nuclear Physics, Section A, 474 (3-4), pp. 651-661.

$p$ - $^4\text{He}$  break-up cross section at 180 MeV  
(1987) Physics Letters B, 194 (3), pp. 343-346.

Neutral strange-particle production in  $\bar{p}$ Ne reactions at 607 MeV/c  
(1987) Physics Letters B, 194 (2), pp. 192-196.

Measurement of  $\bar{p}^4\text{He}$  annihilation events detected in a self-shunted streamer chamber  
(1987) Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, 257 (2), pp. 114-124.

Determination of the ratio  $\sigma(\bar{p})/\sigma(\bar{p})$  from  $\bar{p}$ He reaction data (1987)  
Nuclear Physics, Section A, 465 (4), pp. 714-732.

High density spiral projection chamber (HDSPC): Design of the end-cap detectors of the obelix experiment at lear  
(1986) Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, 252 (2-3), pp. 321-324.

Antiproton annihilation on  $ag/br$  nuclei  
(1986) EPL, 2 (2), pp. 115-122.

Low-energy antiproton-neon interaction  
(1986) Nuclear Physics, Section A, 452 (4), pp. 573-590.

Low energy antiproton annihilation on nuclei  
(1986) Czechoslovak Journal of Physics, 36 (3), pp. 340-346.

Inelastic reactions induced by pions on  $^4\text{He}$  at 68, 120, 135, 156, 174 and 208 MeV  
(1986) Il Nuovo Cimento A, 92 (2), pp. 139-180.

Inelastic interaction of antiprotons with  $^4\text{He}$  nuclei between 200 and 600 MeV/c  
(1985) Physics Letters B, 165 (4-6), pp. 265-269.

Experimental apparatus for studying the interaction of antiprotons with light nuclei  
(1985) Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, 234 (1), pp. 30-41.

$p^4\text{He}$  reaction cross section at 610 MeV/c  
(1984) Physics Letters B, 149 (1-3), pp. 69-72.

$^4\text{He}(\pi^\pm, \pi^\pm p)^3\text{H}$  and  $^4\text{He}(\pi^\pm, \pi^\pm p^2n)$  reactions induced by pions of 120, 135 and 156 MeV  
(1984) Lettere Al Nuovo Cimento Series 2, 41 (12), pp. 391-397.

Prot. in ARRIVO: AOO: CSI, N. Prot. 00012176 del 11/07/2019

Restriction on amount of antimatter in the early universe from {Mathematical expression}He  
reaction data-4He reaction data  
(1984) Lettere al Nuovo Cimento Series 2, 41 (7), pp. 223-226.

MOS power transistor and ceramic thyatron for fast high voltage pulser  
(1984) Nuclear Instruments and Methods In Physics Research, 222 (3), pp. 524-527.

MOS POWER TRANSISTOR AND CERAMIC THYRATRON FOR FAST HIGH VOLTAGE PULSER.  
(1984) Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators,  
Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 222 (3), pp. 524-527.

Positive pion-nucleus elastic backward scattering from  $^{12}\text{C}$  at 30, 40 and 50 MeV  
(1982) Nuclear Physics, Section A, 382 (3), pp. 401-412.