

Ivan Gnesi

Curriculum Vitae et Studiorum

- Settembre 2015** **Responsabile per Extreme Energy Events del gruppo di studi sulla risoluzione spaziale dei telescopi dell'array**
- E' responsabile delle attività di studio per l'ottimizzazione della risoluzione spaziale dei telescopi di EEE. Il gruppo sviluppa algoritmi di correzione pericostruzione e procedure di misura assoluta dei sistematici per massimizzare le performance delle camere MRPC alla base dei telescopi dell'esperimento.
- Gennaio 2014** **Responsabile per Extreme Energy Events del gruppo di analisi dell'attività solare.**
- E' responsabile delle attività di analisi delle correlazioni tra attività solare e variazioni solari da emissioni coronali con il flusso della radiazione cosmica. Dalla costituzione del gruppo di analisi EEE ha osservato tutti gli eventi di variazione del flusso di radiazione cosmica correlati con eventi di eiezione di massa coronale, introducendo una nuova metodologia di indagine di tale fenomenologia.
- Maggio 2013** **Assegno di Ricerca presso il "Centro Studi e Ricerche "E. Fermi" "**
- per la fase 2 di Extreme Energy Events: creazione di un TIER 1 per la raccolta dei dati dei 50 telescopi attivi e costruzione di un sistema di Data Quality Monitor e Reconstruction per l'esperimento. Upgrade dei telescopi del cluster di Torino e montaggio del quarto telescopio.
- Maggio 2010** **Grant presso il "Centro Studi e Ricerche "E. Fermi" "**
- per lo studio dei raggi cosmici di alta energia nell'ambito del progetto Extreme Energy Events.
- E' responsabile del cluster di rivelatori della città di Torino, membro del gruppo di analisi e di sviluppo software per la ricostruzione di eventi di alta energia. E' responsabile delle attività coordinate con gli Istituti ospitanti i rivelatori del cluster.

Febbraio 2010

**Dottore di Ricerca
in Scienza e Alta Tecnologia
Indirizzo in Fisica e Astrofisica
presso la Facoltà di Scienze
Matematiche, Fisiche e Naturali
dell'Università di Torino**

Titolo della tesi: "Pion Induced Reactions in the Δ Resonance Energy Region".

Relatori: prof. G. Pontecorvo, prof. G. Piragino e prof. F. Balestra.

Il lavoro di tesi riporta i risultati dell'analisi di reazioni indotte da pioni su nuclei di elio in camera a streamer ed in particolare: la prima osservazione sperimentale della risonanza Δ al di sotto della soglia di produzione di pioni; alcune evidenze sperimentali dell'esistenza di una risonanza gigante nucleare e l'estrazione dei parametri fisici principali della risonanza stessa; l'evidenza sperimentale dell'assorbimento di pioni su cluster di tre o quattro nucleoni con l'attivazione di una risonanza collettiva; l'osservazione dell'emissione di fotoni con spettro energetico termico nella regione di temperature in cui è attesa la transizione del nucleo a gas di adroni. Infine il lavoro di tesi affronta la modellizzazione in camera a streamer della misura di decadimento del pione per valutare la possibilità di migliorare il presente limite superiore della massa del neutrino muonico.

2008

**Nomina a Referee
per l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare**

per la collaborazione italiana all'esperimento Jlab12 presso i Laboratori Nazionali "Thomas Jefferson" (TJNAF) in Virginia, con compiti di valutazione del programma scientifico, in particolare le linee di ricerca riguardanti le funzioni di struttura del nucleone, le funzioni di distribuzione di elicità, di spin e momento trasverso dei partoni nel nucleone, le funzioni di distribuzione generalizzate dei partoni per l'inclusione del momento angolare orbitale nella descrizione del nucleone ed infine misure di spettroscopia nucleare e stranezza.

2007

**Ingresso nel progetto
Extreme Energy Events
del Centro Studi e Ricerche "E. Fermi"**

Partecipa alle attività di ricerca del Centro studi e Ricerche "E. Fermi", nell'ambito del progetto Extreme Energy Events, finalizzato allo studio dei raggi cosmici di altissima energia. Si occupa in modo continuativo delle lezioni introduttive alla fisica moderna e di divulgazione della scienza per le scuole superiori partecipanti al progetto. Partecipa all'analisi dei dati provenienti dai quattro rivelatori delle scuole di Torino al fine di identificare eventi candidati per energie superiori a . Segue gli insegnanti delle scuole coinvolte per l'organizzazione dell'attività sperimentale e didattica inerente il progetto EEE. Segue il lavoro dei tesisti dell'Università di Torino per il progetto EEE.

2007

**Ingresso nella collaborazione
COMPASS al CERN**

Partecipa agli studi in carico al gruppo di lavoro del Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino ed in particolare: la misura della polarizzabilità del pione mediante diffusione Compton virtuale e la preparazione all'estrazione delle funzioni di distribuzione di spin trasverso dei partoni nel nucleone mediante annichilazione $q\bar{q}$ (Drell Yan) in urti πp ad alta energia.

- Novembre 2006** **Vincitore di borsa di dottorato presso la
Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell'Università
di Torino**
- Nell'ambito della collaborazione Torino-Dubna studia l'interazione di pioni con nuclei leggeri, ed in particolare ${}^4\text{He}$, ottenendo diversi risultati: la prima osservazione sperimentale della risonanza Δ^- ad energie al di sotto della soglia di produzione di pioni, la conferma dell'esistenza della risonanza dibarionica pseudoscalare d' e la prima misura dello spettro di emissione di fotoni in interazioni quasi elastiche $\pi^4\text{He}$, in accordo con una distribuzione di Planck di corpo nero.
- Nell'ambito dello stesso gruppo collabora alla misura diretta della massa del neutrino muonico da un evento di annichilazione $\bar{p}^{20}\text{Ne}$, ottenendo il nuovo limite superiore $m_\nu(\mu) < 2.2 \text{ MeV}/c^2$ al 90% c.l. e allo sviluppo di un nuovo estimatore della massa di particelle leggere in decadimenti a due corpi.
- Settembre 2006** **Vincitore di concorso
per un assegno di ricerca
dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare**
- con finalità di studio degli effetti della struttura a partoni del nucleone sulla materia nucleare.
- Aprile 2006** **Laurea in Fisica
presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
dell'Università di Torino**
- Titolo della tesi: "Interazioni $\pi^4\text{He}$ a bassa energia".
- Relatori: prof. G. Pontecorvo, prof. G. Piragino e prof. F. Balestra.
- Votazione: 110/110 e lode.
- Il lavoro è incentrato sulla misura di sezioni d'urto elastiche e inelastiche ad energie prossime a quelle di attivazione della risonanza Δ e allo studio della dinamica dei canali di reazione osservati. In particolare in questo lavoro si osserva l'emissione di fotone singolo nell'interazione $\pi^4\text{He}$ e la discordanza dello spettro angolare e energetico dei fotoni con la radiazione da frenamento, ritenuta allora la naturale spiegazione dell'emissione.
- 2003-2006** **progettista presso Alenia Aeronautica**
- con il compito di studiare le caratteristiche elettromagnetiche di anecoicità e riverberanza di una camera anecoica per test elettromagnetici su velivoli Eurofighter e Tornado, allora in progettazione su commissione della Comunità Europea. La camera è ora in funzione nell'area di controllo di compatibilità elettromagnetica di Alenia Aeronautica presso l'aeroporto di Caselle.
- 1997** **Iscrizione al Corso di Laurea in Fisica dell'Università degli Studi
di Torino**
- 1996** **Diploma di Maturità**
- con votazione 60/60 presso l'Istituto "J.C. Maxwell" di Nichelino (Torino)

Premi

- Settembre 2011** **Premio “Ettore Pancini”**
- “Per i notevoli risultati ottenuti nel campo dei fenomeni complessi nelle interazioni pione-nucleo, in particolare per le originali misure sperimentali della Δ in elio e per l’osservazione di segnali di risonanza collettiva nel mezzo nucleare”
- Giugno 2008** **Premio per la poster session al CLXX corso della Scuola Internazionale di Fisica “E. Fermi”**
- Durante il CLXX corso della scuola internazionale di fisica “E. Fermi”, intitolata “Measurements of neutrino mass”, vince il 2° premio per la migliore poster session, presentando la misura di massa del neutrino muonico realizzata con un evento di annichilazione $\bar{p}^{20}\text{Ne}$ registrato in camera a streamer al CERN all’esperimento PS179.
- Settembre 2006** **migliore comunicazione in fisica Nucleare e Subnucleare - Congresso SIF**
- Durante il XCII congresso nazionale della Società Italiana di Fisica risulta vincitore del 1° posto per la migliore comunicazione in Fisica Nucleare e Subnucleare con la presentazione dei risultati dell’esperimento PAINUC dal titolo:
“Interazioni di π^\pm in ^4He a $P_\pi = 218 \text{ MeV}/c$.”

Didattica

- 2015-oggi** **Tutoraggio per il Corso di Complementi di Fisica Generale**
- Tiene il tutorato per il modulo di “Raggi X e ottica diffrattiva” del corso “Complementi di Fisica Generale”, corso caratterizzante per l’Indirizzo in Fisica dell’Ambiente e delle Tecnologie Avanzate dell’Università di Torino, tenuto dal professor Ferruccio Balestra.
- 2010-oggi** **Tutore di Meccanica**
- Tiene regolarmente le lezioni di tutoraggio per i corsi di Meccanica della laurea di primo livello in Fisica dell’Università di Torino (titolari dei corsi professori Ermanno Vercellin e Ezio Menichetti).
- 2008-2009** **Assistente Corso di Raggi X e Ottica Diffrattiva**
- Durante l’anno accademico tiene lezioni del corso “Raggi X e Ottica Diffrattiva”, corso caratterizzante per l’Indirizzo in Fisica delle tecnologie Avanzate dell’Università di Torino, tenuto dal professor Raffaello Garfagnini.
- 2007-oggi**
Proposte Tesi **Preparazione proposte formative in Fisica Nucleare, dei Sistemi Complessi e delle Tecnologie Avanzate**
- Dal 2007 si occupa di definire e presentare proposte di tesi con argomenti nell’ambito della fisica nucleare delle energie intermedie e delle tecnologie avanzate ad esse inerenti; in particolare lo studio della fenomenologia legata alla materia nucleare e di algoritmi adattativi, reti neurali e Automata Cellulari con finalità sia applicative al campo della fisica nucleare sia di ricerca fondamentale nel campo della fisica dei sistemi complessi.

**2007-oggi
Correlatore**

Per i tesisti del Corso di Studi in Fisica

Dal 2007 segue tesisti della laurea triennale in Fisica delle Tecnologie Avanzate nelle tesi:

“Trattamento della base dati di un esperimento di fisica nucleare e parallelizzazione degli algoritmi di simulazione”

“Algoritmi adattativi per il fit di tracce in urti in camera a streamer”

“Automata Cellulari in Fisica”

“Caratterizzazione di un fotodiode a multipixel per usi in fisica nucleare”

“Sistema di controllo dell'efficienza di un telescopio per raggi cosmici”

**2007-oggi
Didattica
per
l'orientamento**

Lezioni di Fisica Moderna, moduli CLIL e divulgazione

Dal 2007 prepara e tiene lezioni di fisica moderna e divulgazione della scienza, per gli studenti dei licei “M. D’Azeglio”, “V. Alfieri”, “G. Bruno” e “G. Ferraris”. Si occupa anche dei moduli di fisica in lingua inglese (CLIL) previsti nei nuovi programmi curriculari del Ministero. Nell’ambito di Extreme Energy Event tiene corsi di aggiornamento per i docenti referenti.

**2013-oggi
Scuola di Fisica**

Scuola di Fisica per l'Orientamento agli Studi dell'Università di Torino

Organizza una Scuola di Fisica per gli studenti dell'ultimo anno delle scuole superiori di Torino e provincia. La Scuola, che si tiene presso l'Ateneo di Torino, coinvolge 250 studenti e 30 docenti, con finalità divulgative, di orientamento e di aggiornamento per gli insegnanti degli Istituti di Istruzione Superiore, per un totale di più di 10 Istituti coinvolti. Dal 2014 è inserita nelle attività ufficiali dell'orientamento del Dipartimento di Fisica. Dal 2016 viene trasmessa in streaming accogliendo scuole da tutta Italia.

Partecipazione a Conferenze

1. XCII CONGRESSO NAZIONALE SIF
Torino (Italia), Settembre 18 - 23, 2006
-presentazione: *"Interactions of π^\pm in ^4He at 218 MeV/c"*-
(vincitore del 1° premio per la migliore comunicazione in Fisica Nucleare e Subnucleare)
2. XLV INTERNATIONAL WINTER MEETING ON NUCLEAR PHYSICS
Heavy Ion Physics from Intermediate to Ultra-Relativistic Energies
Hadron Structure and Hadrons in Nuclear Matter
Physics with Antiprotons
Bormio (Italia), Gennaio 14 - 21, 2007
-presentazione:
"Single-gamma Emission in Pion-Helium Interactions"- pubblicata su
"Proceedings of the XLV INTERNATIONAL WINTER MEETING ON NUCLEAR PHYSICS", supplemento 127, Università degli studi di Milano
3. XCIII CONGRESSO NAZIONALE SIF
Pisa (Italia), Settembre 24 - 29, 2007
-presentazione:
"High energy γ emission in $\pi^4\text{He}$ interaction at $T=106$ MeV"-
"First experimental evidence of Δ^- in $\pi^-^4\text{He}$ neutron-knockout reaction"-
4. I Congresso Dipartimento di Fisica Generale Università degli Studi di Torino
Torino (Italia), Aprile 7 - 8, 2008
-presentazione:
"PAINUC: lo studio della materia nucleare alle energie intermedie"
5. CONGRESSO NAZIONALE SIF
Genova (Italia), Settembre 22 - 27, 2008
-presentazione:
" ν_μ ($\bar{\nu}_\mu$) mass upper limit with π^\pm decays in Self-Shunted Streamer Chamber."-
6. CONGRESSO NAZIONALE SIF
Bari (Italia), Settembre 28 - Ottobre 3, 2009
-presentazioni:
"The direct ν_μ ($\bar{\nu}_\mu$) mass measurement."-
"np correlations and nucleon resonances activation at low energies."-
7. MESON 2010
Cracovia (Polonia), 10-15 Giugno, 2010
-presentazione:
"Pion induced reactions in the Δ resonance energy region"-
8. INPC 2010
Vancouver (Canada), 3-7 Luglio, 2010
-poster:
"Pion induced reactions on ^4He in the Δ resonance energy region"-
9. XCVI CONGRESSO NAZIONALE SIF
Bologna (Italia), Settembre 20-24, 2010
-presentazioni:
"Constraints on the direct ν_μ mass extraction from π decay and future measurements at PAINUC"-
"Signatures for a collective nuclear resonance in $\pi^4\text{He}$ reactions."-
10. XCVII CONGRESSO NAZIONALE SIF
L'Aquila (Italia), Settembre 26-30, 2010
-presentazioni:
"Features of π induced collective resonances in nuclei"-
"Multinucleon π absorption in $\pi^+^4\text{He} \rightarrow 3pn$ reactions."-
11. XCVIII CONGRESSO NAZIONALE SIF
Napoli (Italia), Settembre 17-21, 2012
-presentazione:
"Intermediate energy physics with pions: restriction on the $m_\nu(\mu)$ extraction"-
12. CLUSTER 2012
Debrecen (Ungheria), Settembre 21-24, 2012
-presentazione:
"Evidences for π induced collective resonances in ^4He : thermal behaviour in γ emission and π absorption on clusters"-

13. INPC 2013
Firenze (Italia), 2-7 Giugno, 2013
-poster:
" $\pi - ^4\text{He}$ interactions in the Δ resonance energy region"-
14. XLASNPA 2013
Montevideo (Uruguay), 1-6 Dicembre, 2013
-poster:
"Nuclear matter properties and $m_\nu(\mu)$ in $\pi^4\text{He}$ interaction"-
15. ICRC 2015
The Hague (The Netherland), 30 Luglio - 6 Agosto, 2015
-poster:
"Results from the observations of Forbush decreases by the Extreme Energy Events experiment"-

Partecipazione a Scuole Internazionali

1. 44th INTERNATIONAL SCHOOL OF SUBNUCLEAR PHYSICS:
The Logic of Nature, Complexity and New Physics: From Quark-Gluon Plasma to Superstrings, Quantum Gravity and Beyond
Erice (Trapani), Agosto 29 - Settembre 7, 2006
2. XVII GIORNATE DI STUDIO sui RIVELATORI
Villa Gualino, Torino(Italia), Febbraio 27 - Marzo 2, 2007
3. International School of Physics "E.Fermi"
CLXVII course: "Strangeness and Spin in Fundamental Physycs"
Villa Monastero, Varenna - Como (Italia), Giugno 19-29, 2007
4. INTERNATIONAL SCHOOL OF NUCLEAR PHYSICS 2007
29th course: "Quarks in Hadrons and Nuclei"
Erice (Trapani), Settembre 16-24, 2007
-presentazione:
"Painuc Research Program: The nuclear matter at low energies"- pubblicata su un volume dedicato di "Progress in Particle and Nuclear Physics":
5. XVIII GIORNATE DI STUDIO sui RIVELATORI
Villa Gualino, Torino(Italia), Febbraio 19 - 22, 2008
6. International School of Physics "E.Fermi"
CLXX course: "Measurement of neutrino mass"
Villa Monastero, Varenna - Como (Italia), Giugno 17-27, 2008
-poster session:
"Intermediate energies π -induced reactions studied with a streamer chamber"- pubblicata su "Proceedings of the International School of Physics "E.Fermi" - CLXVII course" vincitore del 2° premio per la poster session
7. 46th INTERNATIONAL SCHOOL OF SUBNUCLEAR PHYSICS:
Homage to Sidney Coleman. Predicted and totally unsuspected in the energy frontier opened by LHC.
Erice (Trapani), Agosto 29 - Settembre 7, 2008
-presentazione:
"The nuclear matter at intermediate energies"-
8. THE NUCLEON STRUCTURE:
12th HANUC lecture week.
Torino (Italia), Marzo 23 - 27, 2009
-presentazione:
"Nuclear matter at intermediate energies"-
9. Ecole Internationale Daniel Chalonge - Torino Cosmology Colloquium:
LATEST NEWS FROM THE UNIVERSE
Torino, (Italia) Ottobre 21 - 24, 2009
10. 53th INTERNATIONAL SCHOOL OF SUBNUCLEAR PHYSICS:
The future of our physics including new frontiers
Erice (Trapani), 24 Giugno - 3 Luglio, 2015

Descrizione dell'attività di ricerca svolta e dei principali risultati ottenuti

Torino - Dubna Collaboration - PAINUC

Il lavoro di ricerca nell'ambito della collaborazione Dubna-Torino e dell'esperimento PAINUC è iniziata nel 2005, con lo studio dell'interazione di pioni con nuclei di elio mediante l'utilizzo di una camera a streamer ad ${}^4\text{He}$ a pressione atmosferica esposta al fascio di pioni del fasotrone del Joint Institute for Nuclear Research (JINR) di Dubna (regione di Mosca). Lo scopo principale dell'attività di ricerca era la misura delle sezioni d'urto elastiche e inelastiche $\pi^{\pm}{}^4\text{He}$ a energie nell'intervallo di attivazione della risonanza Δ su nucleone ($T_{\pi} \sim 100\text{-}160$ MeV).

L'analisi rivela una serie di fenomeni di interesse.

1. Nel 2006 si osserva per la prima volta un canale di interazione con emissione di gamma ad alta energia, $\pi^{\pm}({}^4\text{He}, {}^4\text{He})\pi^{\pm}\gamma$. La distribuzione energetica dei γ risulta in buon accordo con una distribuzione di Planck a $T \simeq 15$ MeV, indipendentemente dalla carica del pione sonda. Essa rivela che il nucleo di ${}^4\text{He}$ si comporta come un radiatore di corpo nero, ne spiega l'emissione isotropica e al contempo l'alta energia dei γ emessi. La temperatura del sistema pione-nucleo, inferiore all'energia di legame del nucleo stesso ($B_{{}^4\text{He}} = 28$ MeV $<$ $T_{{}^4\text{He}} = 15$ MeV), ne spiega la preservazione della struttura durante l'emissione della radiazione. L'osservazione sperimentale del canale $\pi^{\pm}({}^4\text{He}, {}^4\text{He})\pi^{\pm}\gamma$ apre così nuove possibilità nella descrizione della transizione di stato tra nucleo legato e gas di adroni per nuclei leggeri, argomento finora non affrontato per mancanza di osservabili. Inoltre apre una serie di quesiti sulla struttura nucleare e sulla descrizione della materia nucleare.

Durante il periodo di dottorato (2007-2010) si ottengono diverse osservazioni sperimentali legate all'eccitazione di risonanze collettive nell'interazione pione-elio, se ne misurano le caratteristiche fisiche fondamentali e si sviluppano modelli per l'interpretazione delle misure.

2. La prima osservazione sperimentale della risonanza Δ^{-} nel mezzo nucleare ad energie inferiori alla soglia di produzione di pioni, ottenuta nel canale di knockout del neutrone $\pi^{-}({}^4\text{He}, {}^3\text{He})$ ($n \pi^{-}$), confermerebbe che il mezzo nucleare a temperatura intermedia si comporta in modo costruttivo nei confronti dell'attivazione della Δ . Le osservazioni sperimentali suggeriscono l'attivazione di una risonanza multinucleonica indotta dal pione sul nucleo di elio.
3. Un modello semiempirico è stato sviluppato per estrarre informazioni fisiche sullo stato collettivo: il confronto con dati sperimentali per diversi nuclei bersaglio rivela che il numero massimo di nucleoni coinvolti è tra 3 e 4 e l'apporto di energia di legame per nucleone aggiuntivo è di circa 50 MeV.
4. Dall'analisi dell'assorbimento di pioni nel canale di reazione $\pi^+{}^4\text{He} \rightarrow 3pn$ sono state osservate marcate correlazioni angolari e segnali di interazione di stato iniziale e finale (FSI/ISI) per i possibili sistemi di due e tre nucleoni. L'analisi degli spettri di massa invariante e di momento relativo rivelano inoltre che i branching ratio per i meccanismi di assorbimento su due nucleoni e su 3-4 nucleoni sono rispettivamente 56% e 14%, confermando la presenza del meccanismo di assorbimento su multinucleone. L'osservazione di strutture negli spettri di massa invariante dei sistemi di 3-4 nucleoni, che mostrano valori comuni per tutti i possibili gruppi di nucleoni in esame, confermano l'eccitazione di una risonanza nucleare anche nel canale di assorbimento del pione e costituiscono la prima misura diretta delle caratteristiche fisiche del potenziale responsabile della formazione della risonanza stessa.
5. Nel settembre 2010 è stato analizzato il canale di interazione radiativo, $\pi^{\pm}({}^4\text{He}, {}^4\text{He})\pi^{\pm}\gamma$, ad energie inferiori, $T_{\pi} = 68$ MeV: lo spettro in energia dei gamma si è rivelato ancora in accordo con una distribuzione di Planck e a temperature compatibili con quelle misurate a $T_{\pi} = 106$ MeV. L'invarianza della temperatura del corpo nero in funzione dell'energia disponibile pone nuovi interrogativi nella descrizione della materia nucleare alle energie tipiche di eccitazione della risonanza Δ e rende possibile studiare le eventuali correlazioni tra l'eccitazione di stati collettivi ed eventuali decadimenti radiativi.

L'attività relativa all'esperimento PAINUC ha richiesto una forte presenza presso il JINR di Dubna (Mosca) a partire dal 2006 e la collaborazione continuativa con i colleghi della collaborazione al JINR. Le pubblicazioni e le presentazioni a conferenze dei risultati ottenuti ottengono l'attenzione dei referee:

This paper presents quite interesting and somehow puzzling aspects of the interaction between a pion and an atomic nucleus. Analysis of the data indicates a thermal spectrum for detected gamma rays in pion annihilation on ${}^4\text{He}$ nuclei.

The authors show convincing arguments supporting the formation of a collective state involving several nucleons in the course of pion absorption. These results are very interesting and probably demand for a reconsideration of the general views concerning pion-nucleon interaction.

Una parte del lavoro di ricerca è incentrato sulla misura diretta della massa del neutrino muonico. Dalla misura di un evento di annichilazione di un antiprotone su neon ($\bar{p}^{20}\text{Ne}$) e successivo decadimento di un pione prodotto $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \rightarrow e^+ \nu_\mu \nu_e \bar{\nu}_\mu$ ottenuto al CERN PS 179 è stato ricavato un nuovo limite superiore per tale massa: $m_\nu(\mu) < 2.2$ MeV al 90% c.l. Nel 2008 è stato sviluppato un nuovo estimatore statistico per la massa del neutrino nel decadimento del pione a partire dalla fattorizzazione della massa invariante della particella non osservabile in un decadimento a due corpi; attualmente è allo studio un metodo che permetta di utilizzare il nuovo estimatore per guadagnare fino a 4 ordini di grandezza nella determinazione della massa del neutrino muonico. Ad oggi è in pubblicazione un Monte Carlo per lo studio del limite superiore ottenibile in un generico esperimento di decadimento in volo e valutare la dipendenza dalla risoluzione in impulso, dalla precisione del valore della massa del pione, dal valore ipotetico della massa del neutrino ed infine dall'energia del pione. L'incertezza sulla ricostruzione della massa del neutrino consta di un termine proporzionale alla differenza di massa tra pione e muone, rendendo necessario raggiungere una risoluzione in impulso di 10^{-8} eV per risolvere neutrini di massa 1 eV. Inoltre, pur disponendo di risoluzione infinita in impulso, l'incertezza attuale sul valore di massa del pione (350 eV) limita a circa 400 KeV la massa del meno massivo dei neutrini direttamente misurabili in esperimenti di decadimento del pione e tesi di dottorato). Questi risultati pongono importanti limiti alla ricerca sulla massa del neutrino muonico nel canale analizzato e indicano la necessità di migliorare la attuale conoscenza della massa del pione, necessaria anche in altri ambiti fondamentali essendo il più semplice stato $q\bar{q}$.

COMPASS - NA58

Dal 2008 il lavoro di ricerca si svolge anche all'interno della collaborazione COMPASS al Cern, incentrato sullo studio della struttura partonica del nucleone, in particolare per l'estrazione delle distribuzioni partoniche non polarizzate e polarizzate. Nello specifico il gruppo di Torino si occupa dello studio delle distribuzioni partoniche dipendenti dal momento trasverso (Transverse Momentum Dependent pdf - TMDs), che tengono conto del momento orbitale dei partoni nel nucleone. Questo filone di ricerca costituisce uno degli approcci fondamentali alla comprensione della struttura interna del nucleone. Esso infatti, unitamente allo studio delle Generalized pdf (GPDs), si pone il fine di realizzare una tomografia in momento e coordinate spaziali del nucleone.

Nell'ambito della collaborazione si è occupato della misura della polarizzabilità del pione in processi di diffusione Compton Virtuale di pioni su nuclei pesanti ($\pi^\pm\text{Pb}, \pi^\pm\gamma\text{Pb}$) a basso Q^2 . Per tale misura è stato sviluppato un sistema di separazione del fondo di π^0 mediante l'uso di reti neurali. L'identificazione del fondo è di particolare difficoltà per le condizioni cinematiche della misura, che rendono i due gamma di decadimento del pione indistinguibili in conseguenza del boost di Lorentz. Sono stati quindi studiati una serie di parametri per il training di una rete neurale feed forward, con la finalità di operare la separazione fondo/segnale mediante la separazione tra ipervolumi che contengano eventi reali di diffusione Compton Virtuale e gli altri canali accessibili nella stessa regione cinematica.

La Collaborazione ha recentemente pubblicato la misura della polarizzabilità del pione.

Partecipa inoltre al programma di misura di processi di annichilazione $q\bar{q}$ (Drell-Yan) in urti $\pi\pi$ polarizzati. Tale canale permette l'accesso diretto alle funzioni di distribuzione di spin trasverso dei partoni nel nucleone, ed in particolare h_1 , h_1^\perp (Boer-Mulders) e f_{1T}^\perp (Sivers): esse descrivono le distribuzioni in spin trasverso dei quark in nucleoni polarizzati trasversalmente (h_1) e non polarizzati (h_1^\perp) e la distribuzione dei quark non polarizzati in nucleoni polarizzati trasversalmente (f_{1T}^\perp).

L'estrazione di tali distribuzioni permetterà di valutare inoltre il momento trasverso k_T dei quark rispetto al momento del nucleone, necessario per la definizione del momento orbitale dei quark e contribuire quindi alla soluzione della nota "crisi dello spin" con la definizione delle funzioni di distribuzione generalizzate (GPD). La misura di Drell-Yan con fasci di pioni positivi e negativi permetterà inoltre la separazione automatica dei sapori coinvolti, essendo eseguita con fasci di pioni selezionabili.

Durante la fase di preparazione di tale misura è stata realizzata la valutazione delle sezioni d'urto Drell-Yan totali, a partire da misure differenziali realizzate a NA2, NA10 (CERN) e E615 (FermiLab), in x_{Bj} , x_F , τ e $M_\mu\mu$, per la valutazione delle migliori condizioni sperimentali per la raccolta dati del 2015.

Nell'ambito della misura di processi Drell-Yan si è occupato delle attività di upgrade dei rivelatori CEDAR, per la realizzazione di una misura parallela, indotta da kaoni e antiprotoni, presenti naturalmente nel fascio in percentuali rispettivamente del 2.5 % e 0.5%. Tale misura premette l'accesso alla componente strana del nucleo e migliorerà le statistiche ottenute da precedenti esperimenti (NA3) di un ordine di grandezza. La realizzazione di tale misura richiede un'ottimizzazione della linea di fascio, al fine di abbatterne la divergenza, modifiche sostanziali all'elettronica del rivelatore, per permettergli di lavorare a flussi circa 10 volte più intensi di quelli di progettazione e alla meccanica per raggiungere stabilità termiche e barometriche relative dell'ordine di 10^{-4} . A tal fine è stato realizzato un lavoro di tuning dei fototubi, al fine di massimizzare il rapporto S/N, è stato realizzato un sistema di termalizzazione dei rivelatori con sonde di controllo e sono allo studio sistemi offline di analisi per abbattere il pile-up e migliorare l'efficienza di identificazione di K e \bar{p} .

La collaborazione all'esperimento COMPASS ha richiesto la presenza al CERN per periodi di circa 3 mesi all'anno per partecipazioni ai collaboration meeting, agli incontri di analisi dati, per periodi di presa dati, montaggio apparati e periodi di reperibilità continua come esperto dei rivelatori MWPC di responsabilità della sezione di Torino. Ad oggi a tali impegni si aggiungono i lavori previsti dalla responsabilità dell'upgrade dei rivelatori Cerenkov.

Extreme Energy Events

Dal 2007 è membro del progetto Extreme Energy Events (EEE), finalizzato allo studio della radiazione cosmica di alta energia, all'orientamento agli studi scientifici e alla divulgazione della scienza. Dal 2010 è unico responsabile del cluster di telescopi del vettore di EEE per il Piemonte.

Il progetto EEE a Torino conta tre telescopi MRPC in opera presso tre licei storici della città: l'Alessandro Volta, il Galileo Ferraris e il Massimo D'Azeglio. Un quarto telescopio è in assemblaggio presso il liceo Giordano Bruno. In totale una decina di Istituti Scolastici collaborano con attività didattiche correlate al tema dei raggi cosmici e con misure sperimentali dimostrative realizzate con le "cosmic box" e partecipando a lezioni e seminari di fisica moderna durante tutto l'anno.

Attività di ricerca

A partire dal 2007, oltre all'installazione dei telescopi nelle scuole indicate, sono state seguite diverse attività di sviluppo hw al fine di migliorare le prestazioni dei telescopi. In particolare il polo EEE di Torino si è occupato della sincronia delle 3 camere MRPC che costituiscono ogni telescopio, al fine di sfruttare l'ottima risoluzione temporale (<200 ps) che caratterizza questi rivelatori.

A Torino sono state sviluppate le "Cosmic Boxes" (CB), rivelatori a scintillazione portatili, che vengono utilizzati per la misura di efficienza delle camere dei telescopi e allo stesso tempo costituiscono uno strumento didattico molto apprezzato da docenti e studenti delle scuole afferenti. In seguito alle numerose richieste sono state prodotte 20 CB da distribuirsi a diverse scuole in tutta Italia e sono allo studio rivelatori a scintillazione di maggiori dimensioni con finalità didattiche e di abbattimento del rapporto S/N, per l'identificazione di eventi di alta energia.

Nell'ambito dello sviluppo del sw per la presa dati è membro del gruppo che si occupa della struttura del sistema di trasmissione, Data Quality Monitoring e ricostruzione dell'esperimento, che ora è attivo al CNAF di Bologna e processa i dati provenienti da tutti i telescopi del vettore.

È inoltre responsabile del gruppo di lavoro per l'ottimizzazione della risoluzione spaziale e temporale dei telescopi. Il gruppo si occupa dello studio di algoritmi per la correzione pericostruzione dei sistematici che inficiano la risoluzione spaziale delle camere. Si occupa altresì dell'implementazione di procedure di misura assoluta dei sistematici nella misura temporale dell'evento. Questo tipo di attività permette al vettore EEE di introdurre il tracciamento dei secondari e la misura del β come nuovi strumenti per lo studio della radiazione cosmica.

È responsabile dell'analisi di eventi solari e ha già realizzato la misura di 4 variazioni di flusso della radiazione cosmica negli ultimi due anni. L'estensione del vettore di EEE ha permesso di studiare il fenomeno su larga scala, realizzando anche studi di correlazione latitudine-longitudine e osservando tali fenomeni con alto rapporto segnale/rumore, grazie alla grande superficie equivalente dei 47 telescopi attivi e all'assenza di tagli sull'energia del primario.

A Torino è stata osservata per la prima volta con i rivelatori di EEE una componente della radiazione proveniente dal basso, che ha portato alla nascita di un filone di analisi per l'identificazione di eventi rari di possibile origine neutrinica.

Nell'ambito dello studio della radiazione di alta energia il cluster di Torino è fondamentale per la sua disposizione a triangolo con lato di circa 1 km, che rende i tre telescopi siti nel centro della città sensibili a primari di energia superiore a 10^{17} eV. Tali eventi sono molto rari: si attendono pochi eventi all'anno di tale energia sul cluster di Torino. Si occupa quindi costantemente della presa dati dei rivelatori, al fine di massimizzarne il duty cycle.

Attività di orientamento e divulgazione della scienza

A Torino le attività di avvicinamento degli studenti alle tematiche della scienza fondamentale e sviluppatasi a partire dai gruppi di studenti e docenti delle scuole superiori sono molteplici ed in crescita, in risposta alle crescenti richieste sia da parte del personale docente sia da parte degli studenti:

- seminari sui temi aperti nella ricerca in fisica
- lezioni di Fisica Moderna
- CLIL - Lezioni di Fisica Moderna in lingua inglese su richiesta delle scuole (recentemente inseriti nelle lezioni curricolari dal Ministero)
- gruppi di lavoro per l'introduzione alle attività tipiche della ricerca (analisi dati / sviluppo di hw / turni di presa dati)
- visite regolari ai principali laboratori di ricerca del territorio (Dipartimento di Fisica, NIS, CNR, INRIM etc.) e internazionali (CERN, EPFL - Swiss Plasma Center, ESRF - European Synchrotron Radiation Facility)

In seguito allo sviluppo delle attività e del numero di scuole utenti si è sentita la necessità di istituire un evento ufficiale a cadenza annuale che avesse la finalità di colmare il gap di comunicazione tra specialisti della ricerca e studenti/società, al fine di fornire una visione realistica della ricerca fondamentale, non deformata dalla lettura dei media. È nata così la "Scuola di Fisica".

L'evento si svolge presso i locali dell'Ateneo di Torino e raccoglie dal 2013 circa 250 studenti e 30 docenti delle scuole afferenti. Gli studenti assistono a 14 seminari durante i tre giorni della scuola, tenuti da ricercatori dell'Ateneo,

dell'INFN e dell'INAF, interagendo direttamente con chi si occupa di ricerca fondamentale in Fisica. La Scuola ha una grande efficacia comunicativa e fornisce agli studenti una visione chiara del significato e dell'utilità della ricerca fondamentale, spesso diametralmente opposta all'idea preconcepita che essi ereditano da media e da luoghi comuni. La Scuola è molto apprezzata anche dai docenti, per i quali ha valore di corso di aggiornamento. Negli ultimi anni la Scuola di Fisica deve far fronte ad un numero di richieste sempre crescente: per questo motivo dal 2016 la Scuola sarà trasmessa dall'Università di Torino in streaming. Dal 2014 la Scuola è diventata un evento ufficiale dell'orientamento del Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino. In seguito all'introduzione della terza missione per Università e Enti di Ricerca, le attività inerenti EEE a Torino sono di grande interesse anche dal punto di vista divulgativo e di comunicazione della Scienza, sia per la sezione locale dell'INFN sia per l'Ateneo.

Elenco delle pubblicazioni

1. On the muon neutrino mass
N. Angelov et al. / Nuclear Physics A 780 (2006) 78-89
2. $\pi^{\pm 4}\text{He}$ interactions at 218 MeV/c
N. S. Angelov et al. / Nuovo Cimento B 121 n.8 (2007) 771-780
3. Two-prong $\pi^{-4}\text{He}$ interactions at 106 MeV
N. S. Angelov et al. / Eur. Phys. J. A 34, 255-269 (2007)
4. Effects of extremely low-frequency magnetic fields on l-glutamic acid aqueous solutions at 20, 40, and 60 microT static magnetic fields
D. Alberto et al. / Electromagnetic Biology and Medicine, 27(3): 241-53, 2008
5. Effects of Static and Low-Frequency Alternating Magnetic Fields on the Ionic Electrolytic Currents of Glutamic Acid Aqueous Solutions
D. Alberto et al. / Electromagnetic Biology and Medicine, 27: 25-39, 2008
6. $\pi^4\text{He}$ interactions at T=106 MeV
N. Angelov et al. / Published in Prog.Part.Nucl.Phys.61: 308-309, 2008
7. Intermediate energies π -induced reactions studied with a streamer chamber
PAINUC Coll. / Proc. of Int. Sch. of Phys. "E.Fermi"-CLXX-Measurements of ν Mass. SIF: 431-434, 2009.
8. Estimation of the mass of the lighter particle emitted in a two body decay reaction
F.Balestra et al. / Nucl. Instr. & Meth. A, 604: 694-700, 2009
9. The Spin-dependent Structure Function of the Proton g_1^p and a Test of the Bjorken Sum Rule.
M.G. Alekseev et al. / Phys. Lett. B 690, 466-472, 2010
10. Measurement of the Collins and Sivers asymmetries on transversely polarised protons.
M.G. Alekseev et al. / Phys. Lett. B 692, 240-246, 2010
11. Quark helicity distributions from longitudinal spin asymmetries in muon-proton and muon-deuteron scattering.
M.G. Alekseev et al. / Phys. Lett. B 693, 227-235, 2010
12. Azimuthal asymmetries of charged hadrons produced by high-energy muons scattered off longitudinally polarised deuterons
M. Alekseev et al. / Eur. Phys. J. C 70: 39-49, 2010
13. Pion induced reactions on ^4He in the Δ resonance energy region
I. Gnesi et al. / Jour. Phys. Conf. Series 312: 022014, 2011
14. Features of π -induced collective resonances in nuclei
I. Gnesi et al. / Eur. Phys. J. A 47, 3, 2011
15. Pion induces reactions on ^4He in the Δ resonance energy region
I. Gnesi et al. / Int. Jour. Mod. Phys. A 26-3: 705-707, 2011
16. Observation of the February 2011 Forbush decrease by the EEE telescopes
M. Abbrescia et al. / Eur. Phys. J. Plus 126-61: 2011
17. First measurement of chiral dynamics in $\pi^- \gamma \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^+$
C. Adolph et al. / Phys. Rev. Lett. 108: 192001, 2012
18. Transverse spin effects in hadron-pair production from semi-inclusive deep inelastic scattering
C. Adolph et al. / Phys. Lett. B 713: 10-16, 2012
19. Exclusive ρ^0 muoproduction on transversely polarised protons and deuterons
C. Adolph et al. / Nucl. phys. B 865: 1-20, 2012

20. I – Experimental investigation of transverse spin asymmetries in μ -p SIDIS processes: Collins asymmetries
C. Adolph et al. / Phys. Lett. B 717: 376-382, 2012
21. II – Experimental investigation of transverse spin asymmetries in μ -p SIDIS processes: Sivers asymmetries
C. Adolph et al. / Phys. Lett. B 717: 383-389, 2012
22. D^* and D meson production in muon nucleon interaction at 160 GeV/c
C. Adolph et al. / Eur. Phys. J. C 72:2253, 2012
23. Leading order determination of the gluon polarization from DIS events with high- p_T hadron pairs
C. Adolph et al. / Phys. Lett. B 718: 922-930, 2013
24. Collective and thermal signatures in π^4 He interaction in the Δ excitation energy region I. *Gnesi / Jour. Phys. Conf. Series 436: 012077, 2013*
25. The EEE experiment project: status and first physics results
M. Abbrescia et al. / Eur. Phys. J. Plus 128: 62, 2013
26. Leading and next-to-leading order gluon polarization in the nucleon and longitudinal double spin asymmetries from open charm muoproduction
C. Adolph et al. / Phys. Rev. D 87: 052018, 2013
27. Study of $\Sigma(1385)$ and $\Xi(1321)$ hyperon and antihyperon production in deep inelastic muon scattering
C. Adolph et al. / Eur. Phys. J. C 73: 2581, 2013
28. Hadron transverse momentum distributions in muon deep inelastic scattering at 160 GeV/c
C. Adolph et al. / Eur. Phys. J. C 73: 2531, 2013
29. Measurement of the cross section for high- p_T hadron production in the scattering of 160 GeV/c muons off nucleons
C. Adolph et al. / Phys. Rev. D 88: 091101(R), 2013
30. Time correlation measurements from extensive air showers detected by the EEE telescopes
M. Abbrescia et al. / Eur. Phys. J. Plus 128: 148, 2013
31. Nuclear matter and ν properties from π induced reactions and decays
I. Gnesi / EPJ Web of Conferences 66: 09007, 2014
32. Transverse target spin asymmetries in exclusive ρ_0 muoproduction
C. Adolph et al. / Phys. Lett. B 731: 19-26, 2014
33. Measurement of azimuthal hadron asymmetries in semi-inclusive deep inelastic scattering off unpolarised nucleons
C. Adolph et al. / Nucl. phys. B 886: 1046-1077, 2014
34. A high-statistics measurement of transverse spin effects in dihadron production from muon-proton semi-inclusive deep-inelastic scattering
C. Adolph et al. / Phys. Lett. B 736: 124-131, 2014
35. Measurement of radiative widths of $a_2(1320)$ and $\pi_2(1670)$
C. Adolph et al. / Eur. Phys. J. A 50: 79, 2014
36. Spin alignment and violation of the OZI rule in exclusive ω and ϕ production in pp collisions *C. Adolph et al. / Nucl. phys. B 886: 1078-1101, 2014*
37. Cosmic rays Monte Carlo simulations for the Extreme Energy Events Project
M. Abbrescia et al. / Eur. Phys. J. Plus 129: 166, 2014
38. Measurement of the charged-pion polarizability
C. Adolph et al. / Phys.Rev.Lett. 114 (2015) 062002
39. Search for exclusive photoproduction of $Z_c^\pm(3900)$ at COMPASS
C. Adolph et al. / Phys.Lett. B742 (2015) 330-334

40. Cosmic rays Monte Carlo simulations for the Extreme Energy Events Project
M. Abbrescia et al. / Eur.Phys.J.Plus 129 (2014) 166
41. Odd and even partial waves of $\eta\pi^-$ and $\eta'\pi^-$ in $\pi^-p \rightarrow \eta^{(\prime)}\pi^-p$ at 191 GeV/c
C. Adolph et al. / Phys.Lett. B740 (2015) 303-311
42. Collins and Sivers asymmetries in muonproduction of pions and kaons off transversely polarised protons
C. Adolph et al. / Phys.Lett. B744 (2015) 250-259
43. The COMPASS Setup for Physics with Hadron Beams
C. Adolph et al. / Nucl.Instrum.Meth. A779 (2015) 69-115
44. A multigap resistive plate chamber array for the Extreme Energy Events project
D. De Gruttola et al. / JINST 9 (2014) 10, C10024
45. Observation of a New Narrow Axial-Vector Meson $a_1(1420)$
C. Adolph et al. / Phys.Rev.Lett. 115 (2015) 8, 082001
46. The spin structure function g_p^1 of the proton and a test of the Bjorken sum rule
C. Adolph et al. / Phys.Lett. B753 (2016) 18-28
47. Interplay among transversity induced asymmetries in hadron leptoproduction
C. Adolph et al. / Phys.Lett. B753 (2016) 406-411
48. Longitudinal double spin asymmetries in single hadron quasi-real photoproduction at high pT
C. Adolph et al. / Phys.Lett. B753 (2016) 573-579
49. Looking at the sub-TeV sky with cosmic muons detected in the EEE MRPC telescopes
M. Abbrescia et al. / Eur.Phys.J.Plus 130 (2015) 9, 187
50. A study of upward going particles with the Extreme Energy Events telescopes
M. Abbrescia et al. / Nucl.Instrum.Meth. A816 (2016) 142-148