

CURRICULUM FORMATIVO E DELL'ATTIVITA` SVOLTA

INFORMAZIONI PERSONALI

Cognome e Nome	FABBRI FABRIZIO
Indirizzo	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - sez. di Bologna, c/o Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Universita', V.le Bertini Pichat 6/2, 40127 Bologna - Italia
Telefono	[Bologna] +39-051-2095242 [CERN] +41-22-7678175
E-mail	fabrizio.fabbri@bo.infn.it
Nazionalità	Italiana

POSIZIONI E CONTRATTI DI RICERCA

2023 - oggi	CMS Emeritus - Ricercatore Associato Senior dell'INFN
1990 - 2022	Primo Ricercatore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
1985 - 1990	Ricercatore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
1983 - 1985	Research Fellow del CERN , divisione di Fisica Sperimentale
1982 - 1983	Scientific Associate , Iowa State University, Ames, Iowa, USA
1980 - 1981	EP, EF Division CERN , 3 contratti con le divisioni EP e EF del CERN
1980 - oggi	Membro del personale scientifico del CERN (User)

ISTRUZIONE E FORMAZIONE

A.A.1979/80 – A.A.1981/82	Scuola di Perfezionamento in Fisica - Universita` di Bologna – Durante questo periodo ho usufruito di tre contratti di ricerca semestrali retribuiti da parte delle divisioni EP e EF del CERN.
A.A.1974/75 – A.A.1978/79	Laurea in Fisica - Universita` di Bologna, con una tesi dal titolo "Produzione diretta di elettroni e distribuzione di molteplicita` nell'interazione πp a 70 GeV/c in camera a bolle" (Relatore prof. Giorgio Giacomelli) Dissertazione: 25 Luglio 1979. Votazione: 110/110 e Lode.

CORSI DI FORMAZIONE

2013	P.F.L. 2013. Corso Locale di Formazione per il personale INFN: "La comunicazione efficace: strumenti per l'attivita` professionale tra regole e creativita'", Bologna, 6 -11 Novembre 2013.
2013	Corso Locale "Formazione particolare aggiuntiva per il preposto". Profilo professionale: Responsabile di Esperimento, Bologna, 13 Giugno 2013.
2013	Corso di Formazione esterno CARDINIS "Problem Solving e Decision Making"
2012	Corso di formazione locale "Aggiornamento sulla Salute e Sicurezza nei Luoghi di Lavoro".
2011	P.F.N. 2010. "Il RUP" - Corso Nazionale di Formazione per il personale INFN.
2010	Corso di formazione esterno Asms "Public Speaking".
2009	P.F.N. 2009. "Project Management" - Corso Nazionale di Formazione per il personale INFN.
2007	Altre iniziative del piano formativo 2007. "Comunicare Fisica".

PARTECIPAZIONE A PROGETTI DI RICERCA

In questa sezione vengono elencati i progetti di ricerca internazionali e nazionali ai quali si partecipa o si e` partecipato. Le responsabilita` e i ruoli in essi ricoperti sono descritti in sezioni successive, come pure sono descritte in altre sezioni le principali attivita` di ricerca svolte.

PROGETTI INTERNAZIONALI E NAZIONALI

1995 - oggi	Membro della Collaborazione CMS al collisionatore LHC del CERN – Esperimento CMS.
1985 - 2004	Membro della Collaborazione OPAL al collisionatore LEP del CERN – Esperimento OPAL.
2014 - 2022	Membro della Collaborazione SHiP - Proposta di un nuovo esperimento.
2011 - 2012	Membro della Collaborazione SuperB – Proposta di un nuovo esperimento.
1980 - 1986	Membro della Collaborazione ABCDHW agli anelli di accumulazione a intersezione ISR del CERN – Esperimenti R418, R419 e R420.
1979 - 1980	Membro della Collaborazione Bologna, Glasgow, Rutherford, Saclay, Torino al SPS del CERN – Esperimento WA30.
2015	Membro di Unita` di Ricerca nel progetto PRIN 2015 “Development of innovative detectors to extend the physics case in the search for hidden particles and in the study of neutrino physics within the SHiP project”.
2012	Membro di Unita` di Ricerca nel progetto PRIN 2010/11 “Sviluppo di rivelatori innovativi per lo studio di Nuova Fisica a collisori di alta luminosita`”.
2010	Membro di Unita` di Ricerca nel progetto PRIN 2009 “Modello Standard e Nuova Fisica ai Colliders”.
2003 - 2004	Coordinatore (sperimentale) del Team Italia del progetto EU Marie Curie Research Training Networks “Strongnet: Strong Interactions at the LHC – A joint program for experimentalists and theoreticians”.

INCARICHI UFFICIALI

INCARICHI ISTITUZIONALI RICOPERTI ALL'INTERNO DELL' INFN

2011 - 2021	Responsabile INFN Locale dell'esperimento CMS a LHC.
2014 - 2021	Responsabile INFN Locale del progetto Fase2 CMS (dal 2018) e Co-Responsabile INFN Locale del progetto RD_FASE2 (dal 2014 al 2017), attivita` di R&D relativa all'upgrade per la fase di High Luminosity LHC degli esperimenti CMS (Fase 2 CMS) e ATLAS e CMS (RD_Fase2).
2000 - 2004	Responsabile INFN Nazionale dell'esperimento OPAL a LEP.
1996 - 1999	Responsabile INFN Locale dell'esperimento OPAL a LEP.
2013 - oggi	Rappresentante INFN Nazionale di attivita` (sottorivelatore BRIL di CMS).
1992 - 1997	Rappresentante dei Ricercatori della Sezione INFN di Bologna in Consiglio di Sezione.

INCARICHI UFFICIALI RICOPERTI ALL'INTERNO DELL' UNIVERSITA`

DALL' A.A. 2002/03 ALL' A.A. 2009/10	Professore a Contratto della Facolta` di Scienze dell'Universita` di Bologna. Docente di due moduli didattici di Fisica Subnucleare per i corsi di “Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare I e II” (tot. 30 ore), per gli studenti del 3° anno del C.d.L. in Fisica.
A.A. 2001/02	Professore a Contratto della Facolta` di Scienze dell'Universita` di Bologna. Corso integrativo (15 ore) dell'insegnamento di Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare, “Verifiche sperimentali del Modello Standard”, per gli studenti del 3° anno del C.d.L. in Fisica.
A.A. 2000/01	Professore a Contratto della Facolta` di Scienze dell'Universita` di Bologna. Corso integrativo (15 ore) dell'insegnamento di Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare, “Complementi di interazioni elettrodeboli e forti”, per gli studenti del 3° anno del C.d.L. in Fisica.
A.A. 1999/2000	Professore a Contratto della Facolta` di Scienze dell'Universita` di Bologna. Corso integrativo (15 ore) dell'insegnamento di Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare, “Metodi sperimentali della fisica nucleare e subnucleare”, per gli studenti del 3° anno del C.d.L. in Fisica.
A.A. 1998/99	Professore a Contratto della Facolta` di Scienze dell'Universita` di Bologna. Corso integrativo (10 ore) dell'insegnamento di Fisica delle Particelle Elementari, “Alcuni esperimenti fondamentali nella fisica delle particelle elementari”, per gli studenti del 4° anno del C.d.L. in Fisica.
A.A. 1997/98	Professore a Contratto della Facolta` di Scienze dell'Universita` di Bologna. Corso integrativo (15 ore) dell'insegnamento di Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare, “Metodi sperimentali della fisica nucleare e subnucleare”, per gli studenti del 3° anno del C.d.L. in Fisica.
A.A. 1992/93	Professore a Contratto della Facolta` di Scienze dell'Universita` di Bologna. Corso integrativo (15 ore) dell'insegnamento di Fisica “Statistica e analisi dei dati”, per gli studenti del 1° anno del C.d.L. in Chimica e Tecnologie Farmaceutiche.
A.A. 1987/88	Professore a Contratto della Facolta` di Scienze dell'Universita` di Bologna. Corso integrativo (15 ore) dell'insegnamento di Fisica delle Particelle Elementari, “Interazioni adroniche ad alto momento trasverso”, per gli studenti del 4° anno del C.d.L. in Fisica.

2020 - 2023	Membro del Collegio di Dottorato di Ricerca in Fisica
2002 - 2014	Membro delle Commissioni esaminatrici dei concorsi per l'assegnazione di Assegni di Ricerca (settore Nucleare e Subnucleare) banditi dall'Università di Bologna: Settembre 2002, Luglio 2005, Novembre 2011, Dicembre 2011, Dicembre 2014.
2003	Membro della Commissione Giudicatrice del concorso di ammissione al XIX ciclo del Dottorato di Ricerca in Fisica dell'Università di Bologna (Dicembre 2003).
2002	Incaricato di coordinare un ciclo di seminari dal titolo "Aspetti di Fisica agli Acceleratori" per il corso di "Complementi di Struttura della Materia (Fisica Nucleare e Subnucleare)" attivato per gli studenti del Dottorato di Ricerca in Fisica dell'Università di Bologna, XVII ciclo, I anno.
Dal 2002 al 2011	Membro della Commissione d'esame del Corso "Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare", C.d.L. in Fisica.
Dal 1997 al 2002	Membro della Commissione d'esame del Corso "Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare", C.d.L. in Fisica.
Dal 1992 al 1993	Membro della Commissione d'esame del Corso "Fisica", C.d.L. Chimica e Tecnologie Farmaceutiche.
Dal 1987 al 1992	Membro della Commissione d'esame del Corso "Fisica delle Particelle Elementari", C.d.L. in Fisica.

RUOLI DI RESPONSABILITÀ E COORDINAMENTO RICOPERTI NEGLI ESPERIMENTI

RESPONSABILITÀ E RUOLI RICOPERTI NELL'ESPERIMENTO CMS

2011 - 2021	Team Leader e Responsabile INFN Locale del gruppo di ricercatori, tecnologi, tecnici e studenti della sezione di Bologna che partecipano all'esperimento CMS .
2013 - 2021	Responsabile e coordinatore dell'attività del gruppo di ricercatori, tecnici e studenti della sezione di Bologna coinvolto nel progetto per la costruzione, installazione, commissioning e run del nuovo sub-detector di CMS, BRIL (Beam Radiation, Instrumentation and Luminosity).
2014 - 2021	Responsabile INFN Locale del progetto FASE2_CMS e co-responsabile del progetto RD_FASE2 , attività di R&D relativa all'upgrade per la fase di High Luminosity LHC degli esperimenti ATLAS e CMS.
2011 - 2012	Responsabile e coordinatore del gruppo di tecnici di Bologna per la costruzione degli elementi attivi (tiles di scintillatore accoppiate a fibre WLS) di BHC (Beam Halo Counter), un rivelatore esterno a CMS per il monitoraggio dell'alone del fascio di LHC, utilizzato nel run di presa dati del 2012/13.
2001 - 2006	Responsabile e coordinatore delle attività del gruppo di tecnici e ricercatori di Bologna impegnati nella costruzione delle camere a deriva per il muon barrel di CMS, attività svolte presso i Laboratori Nazionali dell'INFN a Legnaro e in sede.
2011 - 2021	Membro del Collaboration Board (CB) , organo decisionale della Collaborazione.
2011 - 2021	Membro del Muon Institution Board (MuIB) , organo decisionale degli Istituti partecipanti alla gestione del sistema di rivelazione dei muoni dell'esperimento.
2012 - 2021	Membro del DT Institute Committee (DTIC) di CMS , organo decisionale degli Istituti partecipanti alla gestione del rivelatore di muoni DT (Drift Tubes) del barrel.
2013 - 2021	Membro dell'Institution Board e del Finance Board (rappresentante INFN) del sub-detector BRIL .
2010 - oggi	Membro di Analysis Review Committee (ARC) di CMS , per il vaglio delle pubblicazioni scientifiche della Collaborazione.

RESPONSABILITA` E RUOLI RICOPERTI NELL'ESPERIMENTO OPAL

- 2000 - 2004 **Responsabile INFN Nazionale** dell'esperimento e **coordinatore** del gruppo di ricercatori, tecnologi, tecnici e studenti delle sez. di Bologna che partecipavano all'esperimento.
- 1996 - 1999 **Responsabile INFN Locale** e **coordinatore** del gruppo di ricercatori, tecnologi, tecnici e studenti di Bologna che partecipavano all'esperimento **OPAL**.
- 2000 - 2004 **Membro dell'OPAL Collaboration Board (OCB)**, organo decisionale della Collaborazione.
- 1996 - 1999 **Deputy Member** di Bologna nell'**OPAL Collaboration Board**.
- 1989 - 1990 **Deputy Convener** del Physics Working Group di QCD.
- 1989 - 2004 **Membro** di Boards Editoriali per il vaglio delle pubblicazioni scientifiche della Collaborazione.
- 1989 - 2004 **Coordinatore** di diverse analisi fisiche.
- 1988 **Responsabile** del progetto di costruzione del prototipo finale del Calorimetro Adronico dell'esperimento e **coordinatore** del gruppo di fisici di diversi Istituti (Bologna, CERN, Univ. di Maryland, Univ. di California a Riverside) che ha effettuato il test combinato col Calorimetro Elettromagnetico, sulle linee di fascio T9 e T10 del PS al CERN.
- 1986 - 1987 **Responsabile** del test di validazione al CERN delle camere a tubi a streamer limitato (LST) per il barrel del Calorimetro Adronico dell'esperimento. **Coordinatore** dell'attivita` e membro del gruppo di ricercatori, tecnici e studenti di vari Istituti (Bologna, CERN, Maryland) che ha effettuato il lavoro.
- 1985 - 1987 **Co-responsabile** e **Coordinatore** del gruppo di ricercatori, tecnici e studenti della sezione di Bologna che ha effettuato la costruzione dei LSTs per il barrel e gli end-caps del Calorimetro Adronico dell'esperimento, effettuata presso i Laboratori Nazionali dell'INFN di Frascati.

RESPONSABILITA` E RUOLI RICOPERTI NEGLI ESPERIMENTI R418, R419 E R420 AGLI ANELLI DI ACCUMULAZIONE ISR DEL CERN

- 1983 - 1984 **Co-responsabile** della produzione e del controllo di qualita` dei DST dell'esperimento.
Responsabile della calibrazione off-line dei contatori Cherenkov dell'esperimento.
- 1981 - 1985 **Responsabile** di diverse analisi fisiche effettuate su eventi acquisiti con trigger ad alto momento trasferito e con trigger di minimum bias.
Responsabile della ricostruzione, della produzione dei DST e dell'analisi degli eventi di urto elastico pp e $\bar{p}p$ a tre diverse energie nel centro di massa.
- 1981 - 1982 **Co-responsabile** dei run di presa dati degli eventi di urto elastico e di minimum bias trigger $\bar{p}p$.
- 1980 - 1982 **Responsabile** dell'adattamento del programma di ricostruzione del rivelatore Split Field Magnet per l'analisi dati degli eventi di urto elastico pp e $\bar{p}p$ a tre diverse energie nel centro di massa.

SINTESI DELLA PRODUZIONE SCIENTIFICA

Co-autore di 1761 lavori pubblicati su riviste specialistiche internazionali con referee (al 4/12/2024).

Numero totale di citazioni = 221.547 (fonte INSPIRE)

Indice di Hirsh (h) = 199 (fonte INSPIRE)

**RUOLI ORGANIZZATIVI E
EDITORIALI IN CONFERENZE E
WORKSHOP**

- 2018 **Co-organizzatore** della sesta conferenza internazionale dedicata alla fisica del Large Hadron Collider LHCP2018, 4-9 giugno 2018, Bologna, Italy. **Co-Editor** dei Proceedings della conferenza.
- 2014 - 2024 **Membro dell'International Advisory Committe** delle conferenze della serie "International Symposium on Multiparticle Dynamics".
- 2014 **Co-Chair** del Comitato Organizzatore del XLIV International Symposium on Multiparticle Dynamics, 8 – 12 Settembre 2014, Bologna, Italy. **Co-Editor** dei Proceedings della conferenza.
- 2012 **Organizzatore e Chair** del "Meeting Nazionale CMS Italia", 11-13 Novembre 2012, Bologna, Italy.
- 2009 **Co-organizzatore** della "CMS Physics Week", 7 – 11 Settembre 2009, Bologna, Italy.
- 2006 **Co-Chair** del Comitato Organizzatore del "IV Workshop Italiano sulla Fisica di ATLAS e CMS", 23 – 25 Novembre 2006, Bologna, Italy. **Co-Editor** dei Proceedings del workshop.
- 2006 **Co-convener sperimentale** della Sessione: Standard Model and Beyond the Standard Model at LHC del Workshop Nazionale su "I Monte Carlo, la Fisica e le Simulazioni a LHC". 27-28 Febbraio, 22-24 Maggio e 23-25 Ottobre 2006, LNF, Frascati.
- 2006 **Co-organizzatore** del Workshop Internazionale "Beyond the Standard Model", organizzato in onore di S.L.Glashow e B.C.Barish in occasione del conferimento della Laurea ad Honorem in Fisica dell'Universita' di Bologna, 2 Ottobre 2006, Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Italy.
- 2006 **Membro del Comitato Scientifico** del Workshop Nazionale su "I Monte Carlo, la Fisica e le Simulazioni a LHC", 27-28 Febbraio, 22-24 Maggio e 23-25 Ottobre 2006, LNF, Frascati, Italy.
- 2003 **Co-organizzatore** del Workshop Internazionale "LHC Physics with High Pt Muons in CMS", 9-12 Aprile 2003, Bologna, Italy.
- 2003 **Co-organizzatore** del Meeting Internazionale "30 Years of Bubble Chamber Physics", 18 Marzo 2003, Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Bologna, Italy.
- 2002 – 2024 **Membro del Comitato Scientifico** della serie di Conferenze IFAE "Incontri di Fisica delle Alte Energie".
- 2002 **Co-promotore e Co-organizzatore** della prima edizione della Conferenza Nazionale IFAE, 3-5 Aprile 2002, Parma, Italy. **Co-Editor** dei Proceedings.
- 2001 **Chairman** di Sessione al 7th Topical Seminar on "The Legacy of LEP and SLC", 8-11 Ottobre 2001, Siena, Italy.
- 2001 **Convener sperimentale** della Sessione "Fisica Adronica" al XIII Convegno sulla Fisica di LEP (LEPTRE), 18-20 Aprile 2001, Roma.
- 2000 **Co-organizzatore** del IX International Workshop on Multiparticle Production "New Frontiers in Soft Physics and Correlations on the Threshold of the Third Millennium", 12-17 Giugno 2000, Villa Gualino, Torino, Italy.
- 1997 **Convener sperimentale** della Sessione "Fisica Adronica" al IX Convegno sulla Fisica di LEP (PILEP), 2-4 Aprile 1997, Pisa, Italy.
- 1994 **Convener sperimentale** della Sessione "Fisica Adronica a LEP" al VI Convegno sulla Fisica di LEP (BALEP), 14-15 Aprile 1994, Bari, Italy.
- 1992 **Chairman** delle Sessioni "Electroweak tests, II" e "QCD tests" al 4th S.Miniato Topical Seminar "The Standard Model and Just Beyond", 1-5 Giugno 1992, S.Miniato, Italy.
- 1991 **Convener** della Sessione "QCD Soft" al IV Convegno sulla Fisica di LEP (COSLEP), 20-21 Febbraio 1992, Cosenza, Italy.
- 1990 **Co-organizzatore** del Workshop "OPAL-90", riunione plenaria della Collaborazione OPAL, Cesena (FC) 14-17 settembre e Bologna 18 settembre, 1990.

TESI DI DOTTORATO DI RICERCA – UNIVERSITA` DEGLI STUDI DI BOLOGNA

- 2015 **NICOLO` TOSI** - *"The new Beam Halo Monitor for the CMS experiment at the LHC"*
1993 **MARCO CUFFIANI** - *"Correlazioni in molteplicita` e in impulso trasverso in stati finali multiadronici da decadimento della Z⁰ nell'esperimento OPAL al LEP"*
1992 **BARBARA POLI** - *"Analisi delle molteplicita` cariche nei decadimenti della Z⁰ con l'esperimento OPAL al LEP"*

TESI DI LAUREA QUADRIENNALE/MAGISTRALE – UNIVERSITA` DEGLI STUDI DI BOLOGNA

- 2015 **ANDREA MANNA** - *"The new Beam Halo Monitor for the CMS experiment at the LHC"*
2013 **MARCO SESSA** - *"Studio di rivelatori per muoni basati su scintillatori plastici letti con fotomoltiplicatori al silicio"*
2012 **LUCA PESCATORE** - *"Study of multiplicity dependence of particle production and transverse momentum spectra in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the CMS experiment"*
2011 **NICOLO` TOSI** - *"Sviluppo di un sistema versatile per il controllo e l'acquisizione dati di fotomoltiplicatori al silicio"*
2001 **ALESSANDRO TRICOLI** - *"Misure di molteplicita` carica in eventi da quark pesanti e da quark leggeri in collisioni e⁺e⁻ a LEP2"*
1999 **SIMONE CAMPANA** - *"Misura della molteplicita` carica in Jet prodotti da quark e da gluoni"*
1999 **MARINA GIUNTA** - *"Determinazione del rapporto C_A/C_F dallo studio di eventi a tre Jet al LEP"*
1997 **DANIELE BONACORSI** - *"Misura della molteplicita` carica alle energie di LEP2 con il rivelatore OPAL"*
1994 **MARCELLO FANTI** - *"Ricerca di particelle a ionizzazione anomala prodotte nelle interazioni e⁺e⁻ al LEP"*
1988 **ALESSANDRO MONTANARI** - *"Il sistema di acquisizione dati per il calorimetro adronico dell'esperimento OPAL al LEP"*
1987 **BARBARA POLI** - *"Studio delle distribuzioni di molteplicita` agli ISR del CERN"*
1985 **STEFANO MARCELLINI** - *"Il calorimetro adronico dell'esperimento OPAL al LEP"*
1985 **MARCO CUFFIANI** - *"Impulso trasverso medio, molteplicita` e temperatura adronica in interazioni N-N agli ISR"*

TESI DI LAUREA TRIENNALE - UNIVERSITA` DEGLI STUDI DI BOLOGNA

- 2012 **ANDREA MANNA** - *"Costruzione di un rivelatore a scintillatore plastico per il monitoraggio dell'alone del fascio di LHC nell'esperimento CMS"*
2009 **LAURA FRANCONI** - *"Studio della raccolta di luce prodotta da muoni in tegole scintillanti con fibre WLS"*
MARTINO DALL'OSSO - *"Misure di dispersione temporale di fotoni raccolti con fibra ottica in scintillatore plastico"*
FABIO MASSOLI - *"Studio della raccolta di luce da scintillatori plastici estrusi di profilo triangolare"*
NICOLO` TOSI - *"Sviluppo di una interfaccia grafica per il controllo di un sistema di acquisizione dati prodotti da fotomoltiplicatori al silicio"*
MARCO CALBUCCI - *"Studio dell'efficienza di rivelazione di particelle al minimo di ionizzazione in scintillatori plastici letti con fotomoltiplicatori al silicio"*
MATTEO BRIGHI - *"Utilizzo di fotomoltiplicatori al silicio per lettura di luce da scintillatore plastico"*
GIORGIO BAROZZI - *"Costruzione di un prototipo di telescopio per raggi cosmici costituito da barre di scintillatore e fotomoltiplicatori al silicio"*
2008 **FRANCESCO PEPE** - *"Allestimento di un sistema di acquisizione dati prodotti da fotomoltiplicatori al silicio"*
GABRIELE PALLAVER - *"Studio di un sistema per la rivelazione della luce prodotta in scintillatori plastici utilizzando fotomoltiplicatori al silicio"*
JACOPO PAZZINI - *"Studio delle efficienze di trigger in eventi con fotone e H → $\bar{b}b$ nel rivelatore CMS a LHC"*
ALESSANDRO FERRI - *"Studio di fattibilita` di un apparato per la visualizzazione di raggi cosmici basato su scintillatori plastici"*
2007 **STEFANO SINIGARDI** - *"Studio di fattibilita` per la ricerca di eventi H → $\bar{b}b$ accompagnati da un fotone ad alto Pt col rivelatore CMS a LHC"*

**RUOLI ORGANIZZATIVI E DI
DOCENZA IN SCUOLE DI
FISICA E CORSI DI
AGGIORNAMENTO**

SCUOLE DI FISICA INTERNAZIONALI E NAZIONALI

- 2003 **Organizzatore e Docente** della Scuola Internazionale di Fisica "Strong Interactions and Multiparticle Dynamics", 23-27 Giugno 2003, Bologna, Italy.
- 2001 **Co-organizzatore e Docente del II Corso** della Scuola Inter-ateneo di Fisica "Dinamica della produzione multipla nelle interazioni forti", 11-16 Giugno 2001, Trieste, Italy.
- 1999 **Co-organizzatore e Docente del I Corso** della Scuola Inter-ateneo di Fisica "Dinamica della produzione multipla nelle interazioni forti", 31 Maggio – 3 Giugno 1999, Bologna, Italy.

CORSI DI AGGIORNAMENTO PER INSEGNANTI DELLE SCUOLE MEDIE SUPERIORI

- 2007 **"Acceleratori di Particelle"** - Corso di aggiornamento organizzato dall'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF), sez. di Bologna – 2 Marzo 2007, Bologna.
- 2008 **"Relativita' Ristretta – Alcune verifiche sperimentali"** - Corso di aggiornamento organizzato dall'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF), sez. di Lugo – 29 Gennaio 2008, Lugo (RA).
- 2008 **"Relativita' Generale – Alcune verifiche sperimentali"** - Corso di aggiornamento organizzato dall'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF), sez. di Lugo – 13 Febbraio 2008, Lugo (RA).
- 2009 **"LHC e storia dell'Universo – Quale connessione?"** - Corso di aggiornamento organizzato dall'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF), sez. di Bologna – 20 Novembre 2009, Bologna.

**ELENCO DI ALTRE ATTIVITA`
PRINCIPALI DI "TERZA
MISSIONE" RECENTI**

- 2015 **"Festival della Scienza di Vasto"** - Relatore su invito: "Bosone di Higgs, TAC/PET, Smartphone: cosi' lontani, cosi' vicini" - 29/01/2015, Vasto (CH). <http://www.zonalocale.it/archivio/eventi/festival-scienza-2015-programma.pdf>, <http://vastoscienza.it/vs/festival-della-scienza-2015/> (c.a. 450 spettatori)
- 2013 **"Settimana della Scienza 2013"** – Relatore su invito: "Nel cuore della materia: particelle elementari e forze fondamentali" – 26/02/2013, Cesena (FC). (c.a. 200 studenti)
<http://www.liceorighicesena.gov.it/pagina.asp?id=123>
"Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica" – Relatore su invito: "È questione di un attimo - Il mondo dell'infinitamente piccolo e dell'infinitamente breve" – 19/04/2013, Faenza (RA).
<http://www.faezanotizie.it/articoli/2013/04/domani-mattina-allauditorium-s.umilt-di-faenza-conversazioni-sul-tempo.html> (c.a. 200 studenti)
- 2012 Co-ideatore della conferenza-spettacolo itinerante **"Higgs in Tour"**, e relatore nelle tappe di Bologna (Aula Magna di Santa Lucia, c.a. 1100 spettatori) e Forlì (Teatro D.Fabbri, c.a. 450 spettatori).
<http://www.bo.infn.it/HIGGSinTour/>
- 2011 Coordinatore della Mostra dell'INFN **"Estremo - Le macchine della conoscenza"** – 3-24 Febbraio 2011, Palazzo D'Accursio, Bologna - <http://www.bo.infn.it/ScienzaInPiazza/2011/>
- 2010 **"LHC 2010 – Un acceleratore di Scienza"** – Co-organizzatore e Relatore. 6/03/2010, Oratorio San Filippo Neri, Bologna, (c.a. 250 spettatori) <http://www.bo.infn.it/calcolo/LHC2010.html>
http://www.magazine.unibo.it/archivio/2010/03/04/lhc_2010_un_acceleratore_di_scienza
"Fiera Biennale 2010" Relatore su invito della Associazione Confartigianato: "Come la Scienza puo' cambiarci la vita" - 13/09/2010 – Pavaglione di Lugo (RA).
- 2005 **"Fisica in barca"** – Co-ideatore del progetto INFN e organizzatore della tappa di Ravenna.
- 2002 **"Echi di Big Bang e canti di stelle"** – Relatore su invito (assieme a M.Hack e M.Cheli) – Teatro G.Rossini di Lugo. (c.a. 450 spettatori)
- Dal 1981 ad oggi Dal 1981 ho tenuto decine di seminari divulgativi per la popolazione e per studenti delle Scuole Medie Superiori. Dal 1982 al 1988 sono stato Speaker e Guida Ufficiale del CERN per illustrare ai visitatori del Centro le attivita` svolte e per visitare alcuni acceleratori ed esperimenti.

ESPERIMENTO CMS (2001 – OGGI)

COSTRUZIONE

2001/2006 – Camere a deriva (DT) del muon barrel. Il sistema di rivelazione dei muoni del barrel di CMS, costituito da 250 camere DT (Drift Tubes) di diversa lunghezza, permette di tracciare i muoni e fornire un segnale di trigger veloce. La solidita` del sistema, la sua grande efficienza, l'ottima risoluzione spaziale e temporale, oltre all'ottima risoluzione nella misura dell'impulso, costituiscono uno dei principali punti di forza dell'esperimento CMS e ha permesso di rivelare con sicurezza e precisione i primi eventi di decadimento del bosone di Higgs nel cosiddetto golden channel, $H \rightarrow 4$ muoni, fondamentale per l'analisi congiunta che ha permesso di annunciare la scoperta, cosi` come ha permesso di evidenziare l'esistenza del decadimento raro $B^0_s \rightarrow \mu^+\mu^-$, di grande importanza nella ricerca di nuova fisica. Dalla fine del 2001 alla meta` del 2006, oltre a partecipare personalmente ai lavori, sono stato il responsabile e il coordinatore del gruppo di ricercatori e tecnici di Bologna impegnati, assieme ai colleghi di Padova, nella costruzione di 70 camere a deriva (DT), le piu` grandi del sistema, che si e` svolta presso i Laboratori Nazionali dell'INFN di Legnaro. Ogni camera DT, di lunghezza pari a 2.56 m e larghezza variabile da 2m a 4m, consiste di 12 piani di drift tubes, disposti in 3 gruppi (super-layer) di quattro piani ognuno. Il super-layer centrale misura la coordinata lungo la direzione parallela al fascio mentre gli altri due super-layer misurano la coordinata nel piano di bending. Ogni piano contiene circa 60 tubi a deriva di sezione (4×1.1) cm², ed e` spostato rispetto al piano sovrastante o sottostante di una distanza pari a mezzo tubo. In questo modo si puo` risolvere l'ambiguita` destra-sinistra nella ricostruzione off-line delle tracce e si puo` applicare la tecnica di mean-timing per determinare la posizione del punto traccia con grande precisione. Questa tecnica, associata alla grande precisione meccanica nella costruzione, ha permesso di ottenere una risoluzione spaziale di 80-120 μ m e una efficienza di ricostruzione degli hits e dei segmenti di traccia associati a muoni che attraversano una camera del 95-98%, una risoluzione temporale pari a 3 ns o inferiore e di ottenere una corretta associazione al bunch-crossing di trigger in oltre il 99.5% degli eventi. Le 70 camere prodotte a Legnaro sono state completamente testate al CERN ed installate con successo sul rivelatore con largo anticipo rispetto all'inizio della presa dati. Questo ha consentito a CMS di utilizzarle come sistema di trigger per raggi cosmici, e poter quindi allineare e, in certi casi, anche calibrare i vari sotto-rivelatori piu` interni molto tempo prima che in CMS collidessero i fasci di LHC, permettendo quindi di acquisire dati di alta qualita` fin dall'inizio del run di fisica. I risultati che abbiamo ottenuto dallo studio con dati reali della performance delle camere, confermano l'alta efficienza, la robustezza dell'hardware del sistema e la sua efficacia nella discriminazione del fondo.

2011/2012 - Beam Halo Counter (BHC). Nel 2011/12 sono stato il responsabile della costruzione della parte attiva di un piccolo rivelatore (Beam Halo Counter, BHC) per la misura dell'alone del fascio di LHC per il run del 2012, e il coordinatore dei tecnici di Bologna che lo hanno costruito. BHC doveva sostituire il vecchio sistema di monitor dei muoni dell'alone usato nei run del 2010 e 2011, non piu` in grado di tollerare il rate previsto per quello del 2012. Il rivelatore era costituito da 32 tiles di scintillatore plastico di dimensioni 10x10 cm², ognuna accoppiata a 4 fibre WLS, lette da fototubi convenzionali. I 32 contatori erano distribuiti uniformemente in angolo azimutale su due piani perpendicolari alla direzione dei fasci, collocati ad una distanza di +11 m e - 11m dal punto di interazione e ad una distanza radiale di 90 cm dalla linea di fascio. Oltre al monitoraggio dell'alone, BHC e` stato utilizzato anche per fornire un trigger di Minimum Bias indipendente durante il run con ioni pesanti del 2013. Il progetto e` stato argomento di Tesi per uno studente di Fisica di Bologna del quale sono stato supervisore.

2013/2018 - BRIL. All'inizio del 2013, in previsione del Run 2 di LHC e in concomitanza con l'inizio del lungo shutdown della macchina, la collaborazione CMS ha deciso di riprogettare e raggruppare in un unico sistema, BRIL (Beam Radiation, Instrumentation and Luminosity), l'insieme dei piccoli rivelatori costruiti negli anni precedenti per misurare la luminosita` ed effettuare il monitoraggio delle condizioni dei fasci in prossimita` della zona sperimentale. BRIL e` ora organizzato internamente e gestito (23 Istituti partecipanti di 11 nazioni diverse) come gli altri sotto-rivelatori di CMS. Il nuovo sistema, oltre ad essere "radiation-hard", e` stato ottimizzato per misurare on-line (bunch-per-bunch) la luminosita` e la radiazione di fondo (alone) prodotta dalla macchina. In particolare, fa parte di BRIL un nuovo rivelatore di alone, BHM (Beam Halo Monitor), progettato per tollerare la radiazione prodotta da LHC in un periodo di funzionamento equivalente ad una luminosita` integrata pari a 3000 fb⁻¹, e quindi potenzialmente idoneo anche per una futura fase di LHC ad alta luminosita`, che ha sostituito il rivelatore BHC citato precedentemente. Oltre ad aver partecipato personalmente ad alcune fasi della progettazione, alla costruzione ed all'installazione del rivelatore, coordino il gruppo di fisici e tecnici di Bologna impegnati nel progetto (collaborazione Bologna, CERN, Universita` di Minnesota). BHM e` un

sistema costituito da 40 elementi indipendenti, ciascuno formato da un cristallo di quarzo sintetico cilindrico ($L = 10$ cm, $\phi = 5.1$ cm) accoppiato ad un fototubo veloce (Hamamatsu R2059), il tutto schermato da un triplo strato di mu-metal, permalloy e acciaio, per attenuare il forte campo magnetico residuo prodotto dal solenoide di CMS, presente nella zona del detector. I 40 elementi sono collocati sui rotating shieldings all'esterno di CMS, 20 per parte rispetto al punto di collisione dei fasci, sono distribuiti uniformemente in angolo azimutale, a 1.8 metri di distanza dall'asse dei fasci e a circa 20.6 metri dal punto di interazione. Questa distanza (golden location) corrisponde alla massima separazione fra il tempo di arrivo di particelle di fondo indotte dalla macchina e il tempo di arrivo di particelle prodotte nel punto di interazione. Grazie al suo posizionamento, sfruttando la direzionalità della luce Cherenkov prodotta nel cristallo dalle particelle che lo attraversano e la velocità di risposta, il detector è in grado di distinguere i muoni dell'alone, provenienti dal tunnel di LHC, dalle particelle molto più numerose (circa un fattore 1000 maggiore) provenienti dalla zona di interazione dei fasci, e di contarli bunch-per-bunch. È così possibile effettuare un monitoraggio in tempo reale della "pulizia" dei fasci circolanti che, se non sufficientemente elevata, può deteriorare la qualità dei dati raccolti da CMS e influire sull'efficienza di trigger per muoni, in particolare quelli prodotti dai rivelatori in avanti. Oltre che a CMS, la misura viene resa disponibile in tempo reale alla sala controllo di LHC, permettendo agli operatori della macchina di intervenire in caso di necessità. Dall'inizio del progetto sono il referente per l'INFN, sono membro del Finance Board di BRIL e coordino le attività specifiche del gruppo di Bologna, che è stato co-responsabile della costruzione meccanica, dell'assemblaggio dei rivelatori e della loro installazione al P5, ed è tuttora responsabile dell'elettronica di front-end e back-end. Di Bologna è stata anche la responsabilità di sviluppare un sistema di calibrazione e monitoraggio della stabilità del detector (basato su luce LED pulsata attraverso fibre ottiche e SiPM, usati come foto-rivelatori di feed-back). Il gruppo di Bologna ha costruito nel 2015 due stazioni compatte e facilmente trasportabili (una in sede e una inviata al CERN), complete di sistema di tiles di scintillatori con fibra WLS accoppiata a SiPM per trigger con raggi cosmici, DAQ, alimentazioni e monitoraggio, che sono state utilizzate per testare i singoli moduli prima della loro installazione al P5. Il sistema è stato ottenuto, con opportune modifiche, a partire da quello da noi sviluppato per lo studio del rivelatore di muoni proposto per l'esperimento alla SuperB Factory (si veda oltre). BHM è stato installato con successo fra gennaio e febbraio 2015 ed è entrato in funzione all'inizio del run 2 di LHC. La fase di commissioning è stata ultimata con successo durante il run del 2015. Il monitoraggio in tempo reale di BHM è stato importante nel run 2 perché ha mostrato che la qualità e pulizia dei fasci di LHC sono sempre stati eccellenti, nonostante l'impressionante aumento della luminosità della macchina. Uno studente di Dottorato ed uno studente di Laurea Magistrale del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna hanno svolto il loro lavoro di tesi su questo progetto, tesi delle quali sono stato co-relatore.

ATTIVITÀ DI ANALISI

2006/2018 – Terminata a Legnaro la costruzione delle camere a deriva, ho iniziato a lavorare alla preparazione delle analisi dei dati. Nel 2006/07 ho fatto parte del Comitato Scientifico del Workshop Nazionale INFN su "I Monte Carlo, la Fisica e le simulazioni a LHC" (coordinatore P. Nason). Nell'ambito della fisica di LHC, i generatori Monte Carlo costituiscono l'interfaccia naturale tra le comunità dei fisici teorici e sperimentali. Lo scopo del workshop era quello di riunire fisici sperimentali di ATLAS e CMS, teorici esperti in Monte Carlo per collisioni adroniche e teorici esperti sulla fisica "oltre" il Modello Standard, al fine di promuovere nelle rispettive comunità una maggiore comprensione delle problematiche relative alla fisica di LHC e favorire una maggiore coesione fra le comunità suddette. Il workshop si è articolato in quattro settori: shower Monte Carlo, Matrix elements, fisica del Modello Standard e oltre il Modello Standard, Studi sperimentali, ciascuno coordinato da uno o più convenevoli teorici e sperimentali. Io sono stato convenevole (assieme ad un collega di ATLAS e ad un collega teorico) del settore "Fisica del Modello Standard e oltre il Modello Standard". Quattro incontri plenari si sono tenuti presso i Laboratori INFN di Frascati e i risultati sono stati raccolti sotto forma di Proceedings scritti. Il gruppo di ricercatori di Bologna, che coordino come team leader e responsabile INFN dall'inizio del 2011, ha iniziato la preparazione di alcune analisi da effettuare nei primi anni di fisica a LHC. 1) Ricerca del bosone di Higgs. In un primo tempo (2006/07) mi sono occupato dello studio di fattibilità in CMS di una analisi per la ricerca del bosone di Higgs prodotto tramite Vector Boson Fusion (VBF), nel canale di decadimento in una coppia $b\bar{b}$. Il canale è particolarmente favorevole per masse dell'Higgs comprese fra 130 e 150 GeV, ma è molto difficile separare il segnale dal fondo di QCD. Per questo motivo nell'analisi, come suggerito a suo tempo da un gruppo di fisici teorici italiani, si richiedeva anche la presenza di un fotone energetico isolato, "irraggiato" da uno dei rami carichi dei diagrammi di Feynman associati al processo. Questa richiesta riduce di circa un fattore 100 la statistica, ma la presenza di due jets con elevato gap in rapidità associata alla presenza del fotone isolato rende molto più favorevole il rapporto segnale-rumore. L'analisi necessita di grande statistica e permette di studiare con precisione l'accoppiamento dell'Higgs al quark b . Sono stato co-relatore di una Tesi di Laurea nella quale si è mostrata la fattibilità di questa analisi in CMS, sapendo però che non si sarebbe potuto trattare di un canale di scoperta. L'interesse del gruppo di Bologna, che coordino dal 2011, si è concentrato in seguito sul

canale $H \rightarrow \mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$, quello più favorevole dal punto di vista del rapporto segnale-rumore, anche se penalizzato dal basso BR del decadimento per masse dell'Higgs inferiori a 160 GeV. Questo è stato uno dei canali che ha permesso di annunciare nel 2012 la scoperta del bosone di Higgs e di studiarne le proprietà. Dal 2022 collaboro con M. Consoli, fisico teorico della Sez. INFN di Catania, alla ricerca di segnali nei dati di CMS e ATLAS che indichino la presenza di una seconda risonanza del campo di Higgs ad alta massa, come previsto da un modello di Consoli e Cosmai. 2) Misura della massa del quark top e della sezione d'urto di produzione $t\bar{t}$ a diverse energie nel centro di massa nel canale completamente adronico. 3) Ricerca di nuove particelle di alta massa nei canali di decadimento con muoni (Higgs SUSY e Z' in particolare). 4) Fisica del quarkonio. 5) Ricerca di segnali di una possibile formazione di quark-gluon plasma a LHC. Il mio interesse si è esteso, successivamente, alla ricerca di possibili manifestazioni del quark-gluon plasma nelle interazioni p-p, utilizzando stati finali contenenti la Upsilon e i suoi stati eccitati, identificabili con precisione nei decadimenti in coppie di muoni. Questa linea di ricerca ha generato un grande interesse da parte dei fisici teorici e sperimentali che si occupano di questa fenomenologia solo in tempi molto recenti, in quanto si riteneva che la possibilità di osservare fenomeni di tipo collettivo fosse possibile solo in collisioni fra ioni pesanti, ma è stata perseguita dal nostro gruppo già dall'inizio della presa dati di CMS. Dopo le recenti e inaspettate osservazioni sperimentali di fenomeni tipicamente collettivi anche in collisioni p-Pb e p-p, l'interesse della comunità scientifica è cresciuto sensibilmente, e si tratta ora di capire se nei cosiddetti small systems si crei effettivamente uno stato di quark-gluon plasma o se, invece, certi fenomeni collettivi che si ritenevano essere una prova della presenza di formazione del quark-gluon plasma non debbano essere considerati tali.

COLLABORAZIONE SHIP (2014 – 2022)

PROGETTAZIONE

2014 – 2016. Dal maggio 2014 faccio parte della Collaborazione SHiP (Search for Hidden Particles). Nell'autunno del 2013 un gruppo ristretto di ricercatori ha presentato una proposta al CERN (*CERN-SPSC-2013-024 / SPSC-EOI*) nella quale si esprimeva l'interesse a progettare, ed eventualmente costruire, un esperimento per la ricerca di nuove ipotetiche particelle, predette in numerosi modelli teorici del cosiddetto Hidden Sector. Queste ipotetiche particelle non interagiscono direttamente tramite i bosoni di gauge del Modello Standard, ma si manifesterebbero comunque tramite la loro interazione gravitazionale e potrebbero costituire una sorgente di materia oscura. Diversi modelli basati sulla teoria delle stringhe predicono l'esistenza di Hidden Sectors. L'esperimento SHiP si presenta come una nuova facility a bersaglio fisso di tipo general purpose (beam-dump) al SPS del CERN per la ricerca di hidden particles che potrebbero, allo stesso tempo, essere candidati di materia oscura e spiegare le oscillazioni di neutrino, così come pure spiegare l'origine dell'asimmetria barionica dell'Universo. In particolare, l'esperimento cercherebbe particelle neutre a lunga vita media debolmente interagenti, partners right-handed dei neutrini; particelle supersimmetriche leggere; particelle scalari, assioni ecc. Io ho partecipato alla progettazione del rivelatore di muoni per la preparazione del Technical Proposal, la cui stesura è terminata nella primavera 2015. Il rivelatore di muoni, che si svilupperebbe per un'area totale di 288 m², è costituito da quattro piani attivi (6m x 12 m) di barre di scintillatore plastico estruso, lunghe 3m, larghe 5 - 10cm, di spessore 1 - 2 cm, accoppiate a 3 fibre ottiche WLS lette tramite SiPM, intervallati da filtri in ferro. Il rivelatore di muoni, assieme ai calorimetri elettromagnetico e adronico, hanno lo scopo principale di identificare con alta efficienza i muoni che originerebbero dai canali di decadimento del segnale, separandoli dagli adroni carichi. In particolare, il sistema di rivelazione dei muoni è cruciale per la separazione degli eventi di segnale da quelli di fondo, prodotti soprattutto da K_S e K_L . Molte delle soluzioni tecniche che sono state presentate nel Technical Proposal di SHiP hanno beneficiato del lavoro di R&D e dei risultati ottenuti dal piccolo gruppo di persone di Bologna che avevano partecipato alle attività legate al progetto SuperB (vedi oltre), alle quali ho partecipato personalmente. Alcuni recenti risultati ottenuti ad un test beam effettuato al CERN nell'autunno del 2015 hanno mostrato, per la prima volta, che la soluzione basata su piani di barre di scintillatore lunghe diversi metri, accoppiate a fibre WLS e lette tramite SiPM, permette di ottenere risoluzioni temporali minori o uguali ad 1 ns, come richiesto dall'esperimento al rivelatore di muoni che, necessariamente, deve essere di grandi dimensioni. Dopo il giudizio molto positivo del SPSC nei confronti del TP di SHiP e il riconoscimento ufficiale da parte del CERN Research Board, comunicato nell'aprile 2016, è necessario ora produrre un nuovo documento, il "Comprehensive Design Report", focalizzato sul detector, con simulazioni dettagliate della risposta alle tipiche "signature" del segnale e del fondo, confrontando i risultati con quelli ottenuti da programmi di ricerca alternativi. Lo studio dovrà essere condotto in stretta collaborazione col Physics Beyond Colliders study group, recentemente istituito dal management del CERN, che considererà le motivazioni fisiche e le ottimizzazioni tecniche di una facility di beam dump e altri possibili esperimenti che potrebbero utilizzarla.

ESPERIMENTO ALLA SUPERB FACTORY (2011 – 2013)

PROGETTAZIONE

2011/2013 – Verso la meta` del 2011 sono entrato a far parte di una collaborazione internazionale impegnata nella progettazione di un rivelatore da installare sul futuro collisionatore e⁺e⁻ ad alta luminosita`, SuperB (SuperB Factory). Il collisionatore asimmetrico, che doveva sorgere in prossimita` dei Laboratori Nazionali dell'INFN a Frascati, era progettato per operare ad una energia nel centro di massa corrispondente a quella di produzione della risonanza $\Upsilon(4S)$, con una luminosita` $10^{36} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, ed alla soglia di produzione del tau e del charm con una luminosita` di $10^{35} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Con questa alta luminosita` si sarebbe potuto produrre un campione di dati circa cento volte superiore a quello ottenibile alle B Factories esistenti, consentendo di indagare sperimentalmente in maniera ancora piu` efficace l'eventuale esistenza di effetti dovuti a nuova fisica, mediante lo studio di decadimenti rari di particelle note. Avrebbe inoltre consentito di studiare con maggiore precisione la violazione di CP ed aumentare la sensibilita` nei confronti di una possibile violazione del principio di conservazione del numero leptonico. Assieme ad alcuni colleghi di Bologna e di Ferrara, ho partecipato alle attivita` di R&D che hanno portato al design finale del detector, come descritto nel Technical Design Report. In particolare mi sono occupato del rivelatore di muoni, IFR (Instrumented Flux Return), la parte piu` esterna del detector per SuperB. Lo scopo principale di IFR era quello di identificare i muoni e, assieme al calorimetro elettromagnetico, rivelare adroni neutri come i K_L^0 . IFR si collocava all'interno del sistema di ritorno di flusso del magnete e consisteva di un barrel a forma esagonale piu` due endcaps. I piani di materiale assorbitore (equivalenti a 5.5 lunghezze di interazione) erano intervallati da 8 piani di barre di scintillatore plastico estruso, altamente segmentati. Il segnale prodotto all'interno dello scintillatore era letto attraverso tre fibre ottiche WLS, accoppiate a Silicon Photo-Multipliers (SiPM). Il tutto progettato per raggiungere la maggior efficienza possibile nella raccolta della luce e una grande semplicita` costruttiva. Proseguendo, assieme ad alcuni colleghi di Bologna, un'attivita` di R&D iniziata piu` di un anno prima all'interno di CMS, volta all'utilizzo di tiles di scintillatori plastici, fibre WLS e SiPM per la rivelazione veloce di MIPs, in previsione di un possibile potenziamento del sistema di trigger per la fase 2 di LHC, ho partecipato alla messa a punto di un laboratorio, in sede, nel quale abbiamo effettuato diversi test sull'efficienza di raccolta della luce, sulla velocita` di risposta e sulla attenuazione del segnale utilizzando barre di scintillatore plastico estruso, di lunghezza variabile da pochi cm. a 2 m. I risultati, che hanno dimostrato la fattibilita` del rivelatore, sono stati pubblicati. Contemporaneamente e` stato sviluppato un sistema di readout e di controllo, per rivelatori di questo tipo, versatile e facilmente trasportabile, basato su una scheda elettronica custom, che contiene sia il frontend analogico che la sezione digitale di acquisizione, e un PC. Il sistema, estremamente compatto, gestisce l'alimentazione dei SiPM, amplifica e forma i loro segnali, provvede alla loro digitizzazione, genera un segnale di trigger basato su logica programmabile, acquisisce e registra i dati su un database standard e, infine, genera impulsi programmabili per eventuale illuminazione con LED. Si e` rivelato particolarmente utile durante i test beam e al CERN, per lo sviluppo del rivelatore BHM di CMS nel 2014/15 che ho descritto precedentemente. Durante questo periodo sono stato co-relatore di 2 tesi svolte su questo progetto. Tutti gli studi di R&D effettuati per SuperB sono stati inoltre di grande utilita` per la progettazione successiva del rivelatore di muoni per l'esperimento SHiP (vedi sopra).

ESPERIMENTO OPAL (1985 – 2005)

COSTRUZIONE

1985-89 - Nel marzo 1985 ho preso servizio come Ricercatore INFN della sezione di Bologna e sono entrato a far parte della Collaborazione OPAL al LEP, per iniziare la costruzione del rivelatore. Durante questo periodo ho lavorato in parte al CERN e in parte ai Laboratori Nazionali dell'INFN a Frascati. La responsabilita` costruttiva principale del gruppo di Bologna, assieme ai gruppi dell'Universita` del Maryland e dell'Universita` di California a Riverside, consisteva nella realizzazione di un calorimetro adronico a campionamento costituito da piani di tubi a streamer limitato (LST) con lettura analogica (pads) e digitale (strips), alternati dai piani di ferro che costituivano il materiale per il ritorno delle linee di flusso del campo magnetico di OPAL. Il gruppo di Bologna doveva produrre tutti i tubi a streamer per gli end-caps e circa l'80% di quelli per il barrel. Per questi ultimi si doveva inoltre effettuare un test di affidabilita` di lunga durata per selezionare quelli da installare. Oltre ad aver lavorato personalmente alla costruzione dei rivelatori, sono stato il responsabile e il coordinatore del lavoro che, nell'arco di tre anni, il gruppo di ricercatori e tecnici Bolognesi (circa 15 persone) ha portato a termine lavorando presso i Laboratori Nazionali dell'INFN a Frascati. Sono state realizzate circa 8.500 camere da 8 tubi a streamer ciascuna, con lunghezze variabili da 0.5 m. a 7.3 m. Nell'estate del 1985 ho partecipato alla costruzione di un primo prototipo del calorimetro adronico per effettuare un test combinato fra i vari prototipi iniziali dei futuri sottorivelatori di OPAL (ToF, presampler, calorimetro elettromagnetico, calorimetro adronico, rivelatore di muoni) su una linea di fascio del SPS del CERN. In questo periodo sono stato il supervisore di una tesi di Laurea. Dal Gennaio 1986 al giugno 1987 sono stato il responsabile al CERN dell'organizzazione di una stazione

di test, e del test stesso, per selezionare e validare le camere costruite ai LNF destinate alla costruzione del barrel. La stazione permetteva di effettuare un monitoraggio dettagliato e di lunga durata (circa un mese sotto alta tensione) di ciascuna camera, che veniva accettata solo dopo aver superato un controllo molto severo. Grazie a questi test e alla scelta innovativa di trattare i catodi con un olio antistatico particolare (Breox B-35), che si era dimostrato rendere le camere molto stabili alle alte tensioni, solo una minima parte del rivelatore e' stata disconnessa per malfunzionamento durante i dodici anni di presa dati dell'esperimento. Nel 1988, sempre al CERN, sono stato il responsabile della costruzione e del test del prototipo finale del calorimetro adronico che e' stato collocato sulle linee di fascio T9 e T10 del PS. I risultati ottenuti con adroni, elettroni e muoni hanno permesso di determinare sperimentalmente i parametri da inserire nel programma di simulazione del calorimetro adronico di OPAL, quali la risposta in carica ad adroni e muoni incidenti con varie energie e con diverse inclinazioni, la risoluzione in energia nel test combinato col calorimetro elettromagnetico, ecc. Durante questo test-beam e' stata effettuata la prima verifica completa del software di DAQ da implementare nell'esperimento. Durante questo periodo sono stato supervisore e co-relatore di due lavori di tesi. Il rivelatore OPAL e' stato completato ed installato con successo fra il 1988 e il 1989.

ATTIVITA' DI ANALISI

1989-95 - Completata l'installazione ed il commissioning del calorimetro adronico, ho fatto parte del team di fisici responsabili della presa dati, del mantenimento e dell'upgrade del sottorivelatore dall'inizio della presa dati di OPAL (pilot run – ago. 1989) fino alla chiusura di LEP (dic. 2000). A partire dall'estate del 1989 ho concentrato la mia attivita' di ricerca sull'analisi fisica degli eventi raccolti in prossimita' del picco della Z^0 . Il primo run di fisica e' iniziato nell'autunno del 1989 e gia' dopo pochi mesi abbiamo pubblicato risultati estremamente significativi: misura della massa della Z^0 con una precisione migliore del $\%$; misura delle larghezze parziali ed esclusione dell'esistenza di una quarta famiglia di neutrini leggeri con un livello di confidenza maggiore del 90%; prima chiara evidenza sperimentale del carattere "running" di α_s ; limite inferiore delle masse del quark top e del quark b' portate a 44.5 e 45.2 GeV rispettivamente (95% C.L.); miglioramento dei limiti inferiori di massa del bosone di Higgs e di alcune particelle supersimmetriche. Negli anni successivi ho continuato a lavorare alle analisi legate alla fisica del Modello Standard. In particolare, assieme ad una decina di ricercatori di altri istituti, ho costituito nel 1989 il primo nucleo del working group di QCD di OPAL, del quale sono stato co-convenener. I lavori piu' importanti sulle interazioni forti ai quali ho partecipato sono stati: le misure di precisione di α_s ; le misure dettagliate di "event shapes"; la prima evidenza chiara dell'esistenza dell'accoppiamento fra tre gluoni (vertice triplo gluonico) e la misura precisa dei fattori di colore; le misure di molteplicita' carica, e l'evidenza sempre piu' chiara dell'esistenza dei fenomeni di coerenza previsti dalla QCD. Ho presentato personalmente i risultati di OPAL a conferenze e workshop internazionali e nazionali e sono stato invitato a presentare rassegne di risultati di LEP come rappresentante delle 4 collaborazioni ALEPH, DELPHI, L3 e OPAL. Al termine della fase LEP1 nell'estate del 1995, OPAL aveva raccolto circa 4.5 milioni di eventi multiadronici e circa 600 mila eventi in coppie di leptoni, ottenendo risultati eccellenti in tutti i settori di fisica. Fra i piu' importanti: le misure di grande precisione dei parametri della lineshape della Z^0 , le misure di α_s e dei fattori di colore, nuovi limiti inferiori sulla massa del bosone di Higgs standard e di particelle supersimmetriche, le misure dell'asimmetria F-B e della Γ_{bb} , la misura del mixing B^0 - B^0 , lo studio delle differenze fra jets di diverso quark flavor e jets di gluoni, la misura della vita media del leptone τ . Nel 1995, ho fatto parte del working group che ha scritto il CERN Yellow Report "Physics at LEP2", nel quale venivano studiate e presentate le potenzialita' di fisica offerte dal collisionatore LEP nella fase2.

1996 – 2005 - Con l'inizio della fase di LEP2, nel 1996, l'energia nel centro di massa delle collisioni elettrone-positrone fu portata gradualmente da 91 GeV a 209 GeV. In questo periodo sono state effettuate molte analisi sugli eventi raccolti alle nuove energie e sono stati portati a termine molti lavori basati su tutta la statistica accumulata al picco della Z^0 . In particolare in OPAL abbiamo raccolto circa 12K eventi W^+W^- che ci hanno permesso di ottenere le misure piu' precise della massa e della larghezza del W, oltre alla misura della sezione d'urto di produzione di coppie in funzione dell'energia. L'ottimo accordo con la previsione del MS di quest'ultima osservabile ha dimostrato per la prima volta l'esistenza dell'accoppiamento diretto fra i bosoni di gauge W e Z^0 . Un altro risultato di grande rilievo e' stato quello di aver innalzato il limite inferiore sul valore della massa dell'Higgs standard a circa 110 GeV, praticamente al limite cinematico consentito dalla massima energia raggiunta a LEP. Personalmente mi sono concentrato sull'analisi dei dati di LEP2, con particolare interesse ai test piu' significativi del Modello Standard. Sono stato invitato a presentare in numerose conferenze e workshop, internazionali e nazionali, i risultati della collaborazione OPAL e reviews di risultati ottenuti a LEP a nome delle quattro collaborazioni Aleph, Delphi, L3 e OPAL. In questo periodo sono stato supervisore e co-relatore di quattro progetti di tesi. Alla chiusura di LEP sono stato uno dei coordinatori dello smantellamento del rivelatore. Nell'ultimo anno sono stato molto coinvolto in un lavoro di revisione di una predizione teorica della QCD perturbativa risalente al 1992: la differenza in molteplicita' media fra eventi $e^+e^- \rightarrow \bar{b}b$ ed eventi $e^+e^- \rightarrow \bar{q}q$ (q = quark leggero), δ_{bl} . I risultati di LEP, soprattutto quelli ottenuti a LEP2 ai quali avevo lavorato personalmente, confermavano chiaramente la peculiare e contro-intuitiva predizione teorica della costanza di δ_{bl} con l'energia, ma

mostravano una discrepanza sensibile col valore numerico previsto. Durante una discussione con uno dei fisici teorici autore del calcolo originario (V.A.Khoze) e' sorto il dubbio che la discrepanza fra dati e teoria potesse originare, almeno in parte, da un'analisi non ottimale di dati a bassa energia dai quali si ricava l'input di origine sperimentale necessario affinché i calcoli a livello partonico possano essere estesi a livello adronico e confrontati con i risultati sperimentali. Ho fatto una revisione critica del lavoro teorico originale nella parte relativa a questa analisi e utilizzato alcuni recentissimi risultati di LEP e SLD nel campo degli heavy flavors, molto piu' precisi rispetto a quelli disponibili all'epoca del lavoro originario, ed ho trovato che, in effetti, l'input sperimentale al calcolo teorico non era corretto e produceva una sovrastima del valore di δ_{bl} . Ho ottenuto un sensibile miglioramento dell'accordo fra previsione teorica e dati sperimentali e questo risultato ha stimolato anche il calcolo dei termini dominanti di ordine superiore che non era mai stato effettuato prima. Questo lavoro, svolto assieme ai tre fisici teorici Yu.L. Dokshitzer, V.A. Khoze e W.Ochs, due dei quali autori della pubblicazione del 1992, e' stato pubblicato nel 2006 e rappresenta ora la predizione teorica di riferimento per questa misura. Nel 2005 e nel 2006 sono stato invitato a presentare questi risultati alle Conferenze ISMD'05 e ICHEP'06.

ESPERIMENTI R418, R419, R420 (1980 – 1985)

R420

1980-83 - Dopo il conseguimento della Laurea in Fisica mi sono iscritto alla Scuola di Perfezionamento in Fisica e sono rimasto per un lungo periodo al CERN, usufruendo di tre contratti semestrali retribuiti delle divisioni EP e EF. Nel gennaio del 1980 sono entrato a far parte della Collaborazione ABCDHW (Ames, Bologna, CERN, Dortmund, Heidelberg, Warsaw) per partecipare all'esperimento R420, nel quale si utilizzava lo spettrometro SFM (Split Field Magnet) agli anelli di accumulazione ISR del CERN. Il progetto di iniettare anti-protoni negli ISR, in anticipo sui tempi previsti per l'entrata in funzione del SpS, avrebbe permesso di studiare la fenomenologia degli urti fra protoni e antiprotoni ad una energia intermedia fra quella massima raggiunta fino ad allora in esperimenti a bersaglio fisso e quella raggiungibile all'SpS convertito in collider. Il programma di ricerca era il seguente: a) studio dei processi a basso p_T e della fisica di tipo "ln s" nelle collisioni \bar{p} -p alle energie degli ISR; b) Confronto diretto con le collisioni p-p, in particolare l'urto elastico e il minimum bias. Inizialmente mi sono occupato della misura dell'urto elastico \bar{p} -p a piccoli quadranti trasferiti e il suo confronto diretto con p-p a tre diverse energie. Sono stato uno dei responsabili della presa dati ed ho adattato il software dell'esperimento per la ricostruzione degli eventi elastici a piccolissimo angolo. Ho effettuato la ricostruzione off-line di tutti gli eventi raccolti, prodotto i DST e condotto autonomamente l'analisi fisica degli eventi a tre diverse energie. I risultati, che ho presentato personalmente a Conferenze internazionali e nazionali, assieme alle misure di sezione d'urto totale hanno determinato i parametri della diffusione elastica in avanti alle energie degli ISR. Successivamente mi sono dedicato alle analisi di eventi di tipo "minimum bias" in collisioni \bar{p} -p e pp, di responsabilità del gruppo di Bologna. Si trattava delle prime misure inclusive su 4π di angolo solido alle energie degli ISR, all'epoca le piu' alte raggiunte in collisioni pp. Nel caso degli antiprotoni, le misure costituivano la connessione fra quelle effettuate da esperimenti a bersaglio fisso e quelle che si stavano effettuando al collider SpS del CERN. Fra i risultati di maggior rilievo ottenuti: misura delle distribuzioni inclusive in y , p , p_T e x_F ; correlazioni a corto range in rapidità e studio delle molteplicità cariche.

R420, R419, R418

1983-85 - In questo periodo sono stato Research Fellow della div. EP del CERN. Nell'ottobre del 1983 ho vinto un concorso INFN (Bando n. 543/83) per un posto da Ricercatore presso la sezione di Bologna e rinviata la presa di servizio. Mi sono dedicato allo studio degli urti profondamente inelastici fra protoni con l'esperimento R419, nel quale un trigger su particelle ad alto p_T prodotte ad angoli polari di 10° e 20° e identificate da contatori Cherenkov ha permesso di determinare alcune importanti proprietà dei sottoprocessi partone-partone. Sono stati studiati, per esempio, i contributi relativi dello scattering di quark, di di-quark e di gluoni. Ho partecipato a tutte le fasi di presa dati, ho lavorato alle calibrazioni off-line dei contatori Cherenkov a gas, e sono stato il responsabile della produzione dei DST di una grande frazione degli eventi ricostruiti. Mi sono infine dedicato all'analisi dei dati, presentando i risultati personalmente a conferenze internazionali e nazionali. Fra i risultati piu' significativi pubblicati: verifica della validità delle previsioni della QCD perturbativa per le distribuzioni in p_T di adroni carichi prodotti ad alto momento trasverso e misura del fattore di soppressione di stranezza; prima chiara evidenza della struttura a 4-jets (2 jets trasversi e 2 jets spettatori) degli eventi contenenti un adrone di alto impulso trasverso, come ci si attendeva in un'ottica di "hard scattering" fra partoni costituenti; possibilità di distinguere eventi prodotti da hard scattering di quark o di gluoni sulla base del flavor della particella leading nel trigger-jet; proposta di un modello basato sullo scattering duro di di-quark per interpretare i dati sulla produzione di protoni ad alto momento trasverso. In questi anni ho anche lavorato ad alcune nuove analisi sui dati raccolti dall'esperimento R420, portate a termine anche con il contributo di due studenti di Bologna dei quali sono stato supervisore per il lavoro

di tesi. Infine ho partecipato, all'esperimento R418, dove per la prima volta sono state studiate alcune caratteristiche delle interazioni ad altissima energia fra nuclei leggeri ($\alpha\alpha$, dd).

ESPERIMENTO WA30 (1979-80)

Nell'esperimento WA30 al SPS del CERN, la camera a bolle BEBC, riempita con Ne liquido ed equipaggiata con una Track Sensitive Target (TST) riempita con H liquido, era esposta ad un fascio di mesoni π^- di 70 GeV/c. Come membro della Collaborazione Bologna, Glasgow, Rutherford, Saclay, Torino ho partecipato alle fasi di presa dati, di scanning delle foto, di misura delle tracce e di analisi fisica degli eventi. Ho conseguito la Laurea in Fisica nel luglio del 1979, discutendo una tesi sperimentale sullo studio della produzione di $e^{+/-}$ "prompt" in interazioni adroniche, come segnale del decadimento semileptonico di particelle contenenti il quark charm. Nello scan di 200.000 foto contenenti circa 64.000 interazioni π^-p , furono osservati una decina di eventi nei quali un singolo $e^{+/-}$ "prompt" era stato prodotto, corrispondenti ad un rapporto $e/\pi = (3.1 \pm 1.7) \times 10^{-5}$. Interpretando gli $e^{+/-}$ singoli come prodotto del decadimento di mesoni D, si stimò una sezione d'urto di produzione di coppie $\bar{D}D$ pari a $(19 \pm 11) \mu\text{b}$. Nel 1980 ho terminato un lavoro di analisi sulla produzione di adroni carichi, π^0 e coppie e^+e^- iniziato per la tesi. Il lavoro è stato pubblicato.

PREMI E RICONOSCIMENTI

2013 High Energy and Particle Physics prize awarded by the European Physical Society to the ATLAS and CMS Collaborations "for the discovery of a Higgs boson, as predicted by the Brout-Englert-Higgs mechanisms".

2012 Premio 2012 "Francesco Baracca – Città di Lugo", assegnato dal Comune di Lugo (RA) in riconoscimento all'attività scientifica svolta.

1985 Premio della Società Italiana di Fisica per i laureati in fisica dopo il maggio 1978, conferito in occasione del LXXI Congresso Nazionale - Trieste 3/10/1985.

Dal 1980 Membro della Società Italiana di Fisica

Dal 2014 Membro della European Physical Society