

## Informazioni personali

Mario Merola

ORCID: 0000-0002-7082-8108, ScopusID: 36876647700

Data di nascita: 04/07/1984

Nazionalità: Italiana

Mi occupo di fisica delle particelle elementari sperimentale ai colliders, ho lavorato nell'ambito dell'esperimento CMS al Large Hadron Collider (LHC) del CERN di Ginevra, e attualmente lavoro alle B-factories Belle e Belle II situate presso i laboratori di KEKB (Tsukuba, Giappone).

## Formazione ed esperienza lavorativa

- **2006:** Conseguimento della Laurea Triennale in Fisica con votazione 110/110 e lode il 20/07/2006 presso l'Università di Napoli Federico II, con tesi su "Le Diseguaglianze di Bell";
- **2008:** Conseguimento della Laurea Specialistica in Fisica con votazione 110/110 e lode il 16/07/2008 presso l'Università di Napoli Federico II, con tesi su "Studio delle proprietà della risonanza  $a_1(1260)$  nel canale  $B_0 \rightarrow D^{*-} \pi^+ \pi^+ \pi^+$  presso l'esperimento BaBar a SLAC";
- **2009-2011:** Durante l'attività di Dottorato ho frequentato i seguenti corsi presso l'Università di Napoli Federico II, superando le relative verifiche per il conseguimento degli esami: Heavy Flavour Physics, Effective theories in elementary particle physics, High-Energy Physics at the Large Hadron Collider (LHC), Statistical methods for data analysis, Heavy Meson Physics, Lectures of Fluid-Dynamics with applications in astrophysics;
- **2011:** Conseguimento del Dottorato di Ricerca in Fisica Fondamentale ed Applicata in data 20/12/2011 con una tesi dal titolo "Study of the t-channel single top quark production and decay through  $t \rightarrow Wb \rightarrow e \nu_b$  at LHC with the CMS Experiment";
- **2013:** Partecipazione alla "INFN School of Statistics" tenutasi a Vietri sul Mare dal 3 al 7 Luglio 2013;
- **2012-2017:** Titolare di assegni di ricerca presso la sezione INFN di Napoli:
  - **2012-2014** Assegno di ricerca biennale dal 1° marzo 2012 al 28 febbraio 2014 (esperimento CMS al CERN di Ginevra) "Studio della produzione del quark top e verifiche delle previsioni del Modello Standard nell'esperimento CMS ad LHC";
  - **2014-2015** Assegno di ricerca annuale dal 3 marzo 2014 al 2 marzo 2015 (esperimento CMS al CERN di Ginevra) "Misura di quark top singoli nel canale s con l'apparato CMS ad LHC";
  - **2015-2016** Assegno di ricerca annuale dal 3 marzo 2015 al 2 marzo 2016 (esperimento Belle II al Laboratorio KEK a Tsukuba (Giappone) "Fisica sperimentale del Flavour con l'esperimento Belle II";
  - **2016-2017** Assegno di ricerca biennale dal 3 marzo 2016 al 17 dicembre 2017 (esperimento Belle II al Laboratorio KEK a Tsukuba (Giappone) "Fisica sperimentale del Flavour con l'esperimento Belle II".
- **2018-2019:** Ricercatore a tempo determinato ai sensi dell'art. 24, comma 3, lett. a) della Legge n. 240/2010 presso il Dipartimento di Agraria dell'Università Federico II di Napoli, dal 18 dicembre 2017 al 18 dicembre 2019;
- **2020-2022:** Ricercatore a tempo determinato ai sensi dell'art. 24, comma 3, lett. b) della Legge n. 240/2010 presso il Dipartimento di Agraria dell'Università Federico II di Napoli, dal 19 dicembre 2019 al 18 dicembre 2022;
- **2023-oggi:** Professore di II Fascia, nel settore scientifico disciplinare FIS/04 (settore concorsuale 02/A1), presso il Dipartimento di Agraria dell'Università Federico II di Napoli, dal 19 dicembre 2022;

Segue la descrizione dettagliata della mia attività di ricerca:

### Partecipazione all'esperimento BaBar (durante il lavoro di tesi specialistica in Fisica, 2008)

Installato presso i laboratori dello Stanford Linear Accelerator Center (SLAC), il rivelatore di BaBar era posto nel punto di intersezione dei fasci di elettroni e positroni della B-factory PEP-II. Tali fasci collidevano ad un'energia del centro di massa

di 10.58 GeV, energia corrispondente alla produzione della risonanza  $\Upsilon(4S)$  (stato legato di quarks  $b\bar{b}$ ) che decade quasi esclusivamente in coppie di mesoni B. Durante il mio lavoro di tesi ho analizzato i dati che sono stati raccolti da BaBar nel periodo 2000-2007 e che corrispondono ad una luminosità integrata al picco della risonanza di  $424 \text{ fb}^{-1}$ , ossia a circa  $465 \times 10^6$  coppie BB prodotte. In particolare, ho studiato il mesone  $a_1$  come stato risonante di tre pioni nella catena  $B^0 \rightarrow D^* a_1$  ( $a_1 \rightarrow 3$  pioni). In base alle leggi di conservazione di spin e momento angolare totale nel decadimento, una larga varietà di stati risonanti dei tre pioni e stati risonanti intermedi di due pioni sono possibili. Ho compiuto un'analisi di Dalitz per separare e misurare i contributi delle singole risonanze e le informazioni ottenute sono state utilizzate per ricostruire le lineshapes (profili di massa invariante dei tre pioni) dei diversi stati risonanti. Esse sono descritte usando un modello di Breit-Wigner relativistica con una larghezza di decadimento dipendente da  $s$  (massa invariante del sistema di tre pioni). In conclusione, ho eseguito un fit della massa invariante dei tre pioni, includendo l'efficienza di ricostruzione e la risoluzione sperimentale stimate da studi Monte Carlo, al fine di ottenere una misura di massa e larghezza del mesone  $a_1$ .

### **Partecipazione all'esperimento CMS: studio della produzione di single top nel canale t (2009-2012)**

Durante il dottorato di ricerca, iniziato nel gennaio 2009, la mia attività si è svolta nell'ambito dell'esperimento CMS presso il Large Hadron Collider (LHC) del CERN di Ginevra. Ho conseguito il dottorato di ricerca in Fisica Fondamentale ed Applicata presso l'Università Federico II di Napoli in data 20/12/2011 con una tesi dal titolo "Study of the t-channel single top quark production and decay through  $t \rightarrow Wb \rightarrow e \nu b$  at LHC with the CMS Experiment".

Ho inizialmente studiato la produzione elettrodebole del quark top nelle collisioni ad un'energia del centro di massa di 7 TeV, analizzando i dati raccolti da CMS nel periodo 2010 - 2011. Tra i tre possibili modi di produzione del single top (canale s, produzione associata con il bosone W e canale t), ho preso in esame il canale t, che possiede la maggiore sezione d'urto ( $64.5 \text{ pb}$ ) e il miglior rapporto segnale / fondo secondo le predizioni del Modello Standard. In particolare, ho considerato il decadimento leptonic del quark top,  $t \rightarrow Wb \rightarrow l \nu b$ , la cui topologia unitamente alle correlazioni di spin tra le particelle di stato finale permette di compiere una forte selezione, rigettando gran parte dei fondi. Nel dettaglio, le due più importanti variabili in gioco sono la pseudorapidità del jet prodotto insieme con il quark top (quantità proporzionale all'angolo tra il jet e la direzione del fascio di protoni) e il coseno dell'angolo tra il leptone carico e tale jet, nel sistema di riferimento in cui il quark è a riposo.

Ho quindi compiuto studi facendo uso delle simulazioni Monte Carlo del segnale (single top) e dei principali fondi (produzione associata  $t\bar{t}$ ,  $W$ +jets, QCD) per ottimizzare i criteri di selezione e predire i livelli di significatività del segnale di single top ipotizzando diversi scenari di luminosità raccolta. Al crescere della statistica dei dati ho sviluppato tecniche data-driven per la stima dei fondi, in modo da minimizzare le incertezze teoriche di cui essi sono affetti.

Infine, ho ottenuto la misura della sezione d'urto del single top nel canale t, analizzando i dati raccolti da CMS nel 2010 che corrispondono ad una luminosità integrata di  $36 \text{ pb}^{-1}$ , eseguendo un fit alle distribuzioni di dati nelle due variabili angolari sopra menzionate, dopo aver stimato le diverse incertezze sistematiche che caratterizzano lo studio (teoriche e da modello, strumentali e quelle dovute alla procedura adottata per la stima dei fondi). Ho inoltre utilizzato tale misura per stimare l'elemento di matrice CKM  $|V_{tb}|$  tramite la relazione  $|V_{tb}| = \sqrt{\sigma^{\text{meas}}/\sigma^{\text{th}}}$ . Nonostante il ridotto campione di dati a disposizione, tale analisi ha costituito la prima "evidence" del single top a LHC, con una significatività della misura maggiore di 3 deviazioni standard..

Successivamente ho lavorato alla misura della sezione d'urto di produzione del top singolo nel canale t analizzando i dati raccolti da CMS nel 2011. L'analisi è effettuata su  $1.14$  ( $1.56$ )  $\text{fb}^{-1}$  raccolti a 7 TeV, nel canale di decadimento muonico (elettronico),  $t \rightarrow bW \rightarrow b\mu\nu$  (be $\nu$ ). La misura è il risultato della combinazione tra 3 differenti analisi, due utilizzando metodi multivariati (reti neurali e "boosted decision trees") ed una basata su un semplice fit alla pseudorapidità del jet prodotto insieme con il quark top. Come nella misura della sezione d'urto che ho effettuato analizzando i dati raccolti nel 2010, anche qui ho valutato le principali sorgenti di incertezza sistematica (di origine sperimentale come la "Jet Energy Scale" e l'efficienza di b-tagging, e teorica come quella sul modello di segnale e sulle "PDF") e ho propagato il loro effetto sulla misura della sezione d'urto. Infine, ho utilizzato la misura della sezione d'urto per stimare l'elemento di matrice CKM  $|V_{tb}|$ .

### **Partecipazione all'esperimento CMS: studio di altri processi di produzione del single top e canale s (2013-2016)**

Con l'incremento della statistica accumulata dall'esperimento, ho successivamente partecipato alla misura di precisione della sezione d'urto del single top nel canale t analizzando i dati raccolti ad un'energia del centro di massa di 8 TeV. L'abbondanza di eventi di single top ha reso possibile anche la misura di proprietà nel decadimento, come la polarizzazione del top e l'elicità della W, e la misura della sezione d'urto nella produzione associata del single top con il bosone W. La somiglianza della topologia dei processi considerati e dunque la somiglianza delle difficoltà sperimentali incontrate (processi di fondo, incertezze sistematiche), ha permesso di utilizzare la strategia di analisi già sviluppata per la misura della sezione d'urto nel canale t ed esportarla, adattata e perfezionata, agli altri processi sopra citati.

Uno studio dedicato, con una parziale revisione della strategia di analisi, è stato necessario per il processo raro di produzione di single top nel canale s a 7 e 8 TeV.

Il principale interesse nello studio di tale canale è costituito dalla possibilità di indagare la presenza di risonanze nel sistema t-b, come bosoni  $W'$  o bosoni di Higgs carichi (inquadabili in teorie oltre il Modello Standard, come la supersimmetria ed

il modello di Kaluza-Klein). La produzione del single top nel canale  $s$  è caratterizzata da una sezione d'urto circa 10 volte inferiore al canale  $t$  e, per tale ragione, è l'unico canale di single top ad oggi non ancora osservato in LHC ("evidence" per l'esperimento ATLAS a LHC nel 2016). La topologia del decadimento fa sì che il principale fondo sia costituito dalla produzione della coppia  $t\bar{t}$  con decadimento dileptonico o semileptonico. A causa del piccolo rapporto segnale-fondo ( $\sim 1/30$ ) e per la somiglianza della topologia di decadimento con i fondi  $t\bar{t}$  e single top canale  $t$ , l'analisi compiuta sui dati raccolti da CMS nel 2012 (ad una energia nel centro di massa dei fasci di 8 TeV), corrispondenti a circa  $19 \text{ fb}^{-1}$ , fa uso di una tecnica multivariata per la misura della sezione d'urto (Boosted Decision Trees).

Ho quindi eseguito un fit alle distribuzioni dei discriminanti multivariati nei dati, simultaneamente in due diverse regioni: una regione arricchita di segnale ed una arricchita di  $t\bar{t}$  e  $W$ +jets. In tal modo è possibile costringere i contributi dei principali fondi contemporaneamente alla determinazione dell'abbondanza del segnale (proporzionale alla sezione d'urto). Infine, dopo l'inclusione delle incertezze sistematiche, ho ottenuto la stima del limite superiore alla sezione d'urto di produzione del single top nel canale  $s$ .

Per aumentare la significatività della misura, in vista della pubblicazione del risultato su rivista, ho infine lavorato a un'ottimizzazione dell'analisi volta a ridurre le incertezze sui fondi di cui la misura è affetta. Ho in primo luogo utilizzato una tecnica multivariata (BDT) per stimare e rimuovere gran parte del fondo QCD multijet, che non è un fondo predominante, ma è noto con minor precisione degli altri. Per la stima degli eventi di segnale e quindi per la misura della sezione d'urto ho poi esteso lo studio a tre categorie di eventi ortogonali arricchite rispettivamente in segnale, in fondi  $t\bar{t}$  e  $W$ +jets e in single top canale  $t$  e  $W$ +jets. La scelta delle variabili discriminanti è stata effettuata indipendentemente in ogni categoria di eventi, in modo da massimizzare il potere del discriminante multivariato. Per incrementare la significatività della misura ho analizzato anche i dati raccolti da CMS nel 2011 ad un'energia del centro di massa di 7 TeV, corrispondenti a  $5.1 \text{ fb}^{-1}$ . In particolare, quest'ultimo punto risulta significativo poiché la sezione d'urto di produzione del single top nel canale  $s$  scala con l'energia in maniera sfavorevole rispetto al fondo  $t\bar{t}$  e quindi il rapporto tra le sezioni d'urto di canale  $s$  e  $t\bar{t}$  è maggiore a 7 TeV rispetto ad 8 TeV. Ho infine effettuato una misura combinata a 7+8 TeV dell'abbondanza di segnale rispetto alle aspettative del modello standard, ottenendo un livello di significatività di 2.5 deviazioni standard dall'ipotesi di segnale assente.

#### **Partecipazione all'esperimento CMS: common tasks**

Nell'ambito di CMS ho svolto compiti di utilità generale ("common tasks"): ho partecipato attivamente alla presa dati effettuando turni nella sala di controllo di CMS per i sistemi DCS (Detector Control System) e DAQ (Data Acquisition System); ho anche effettuato turni in remoto di computing CSP (computing shift person).

Ho inoltre sviluppato un sistema di "Data Quality Monitoring" (DQM) per il single top, la cui funzionalità è duplice: da una parte permette di studiare come si modificano le distribuzioni delle principali variabili di interesse per il single top al variare del campione Monte Carlo e delle condizioni generali del rivelatore, dall'altra permette di controllare le stesse distribuzioni direttamente sui dati di collisione, man mano che essi divengono disponibili.

Mi sono anche occupato della ottimizzazione della simulazione Monte Carlo della dimensione dei clusters degli RPC nel barrel di CMS e di studi sull'invecchiamento degli RPC in CMS.

#### **Partecipazione all'esperimento Belle II: studio dei canali di decadimento del mesone B con energia mancante (2015-oggi)**

Il rivelatore di Belle II (upgrade dell'esperimento Belle) è posto nel punto di interazione di fasci di elettroni e positroni circolanti nell'acceleratore SuperKEKB. Le prime collisioni si sono tenute nel 2018 ad un'energia del centro di massa corrispondente al picco della risonanza  $Y(4S)$  ed entro dieci anni Belle II dovrebbe raccogliere 20-30 volte il campione di dati completo di Belle e BaBar (le due precedenti B-factories), permettendo di studiare la fisica del flavour con una precisione mai raggiunta prima e di svelare la natura delle tensioni attualmente presenti nel modello standard delle particelle elementari.

La mia attività di analisi dati nell'ambito dell'esperimento Belle II, a partire dal 2015, ha riguardato la messa a punto della strategia di analisi per i decadimenti  $B \rightarrow \tau \nu$  e  $B \rightarrow K^* \nu \bar{\nu}$ , lavorando inizialmente su simulazioni Monte Carlo dei segnali e dei principali fondi.

Lo studio di canali di decadimento leptonic e con energia mancante (neutrini nello stato finale) del mesone B è di particolare interesse in quanto tali processi sono soppressi nel Modello Standard e quindi sono sensibili ai segnali di Nuova Fisica. Nei casi oggetto di studio, il decadimento in leptone tau e neutrino e il decadimento in mesone  $K^*$  e due neutrini, l'esistenza di doppietti di bosoni di Higgs carichi teorizzata da modelli supersimmetrici oppure l'esistenza di accoppiamenti anomali del bosone Z, interferirebbero con i processi standard provocando un incremento del piccolo branching ratio del mesone B in questi canali ( $BR \sim 10^{-4}$  e  $\sim 10^{-6}$ , rispettivamente). Nello studio di processi fisici con energia mancante le B-factories come Belle II presentano diversi vantaggi rispetto ai collider adronici. Tra questi il vincolo dell'energia alla quale avvengono le collisioni (energia non nota nel caso di collisioni tra i partoni che compongono i protoni), la bassa molteplicità di tracce e occupancy nel rivelatore e la possibilità di costringere il quadrimomento di un mesone B (detto di "segnale") una volta ricostruito completamente il secondo mesone B (detto di "tag") nel decadimento della  $Y(4S)$ .

La strategia di analisi da me definita prevede la completa ricostruzione del mesone B di tag in canali adronici attraverso l'uso di una tecnica multivariata (Full Event Interpretation). Tale tecnica utilizza migliaia di canali di decadimento del mesone B e dei suoi figli D, D\* e costruisce un discriminatore multivariato a partire da variabili angolari e cinematiche delle particelle in gioco. Infine, il discriminatore multivariato viene usato per selezionare, per ogni evento, il candidato B cui corrisponde la più alta probabilità di corretta ricostruzione. Effettuata la ricostruzione del B di tag ho proceduto a selezionare quattro canali di decadimento del leptone  $\tau$ ,  $\mu\nu\bar{\nu}$ ,  $e\nu\bar{\nu}$ ,  $\pi\nu$ ,  $\pi\pi^0\nu$ , richiedendo la presenza di una sola traccia (particella carica) dal lato di segnale e criteri di identificazione di elettroni, muoni e pioni basati su likelihood ratios. A valle di tale selezione ho effettuato un'ulteriore pulizia dei candidati B non ricostruiti correttamente attraverso l'uso di due variabili molto comuni alle B-factories  $e^+e^-$ ,  $M_{bc}$  e  $\Delta E$ . Esse sono, rispettivamente, la "beam-constrained mass" ossia la massa del candidato B ricostruito considerando, al posto della sua energia, l'energia di uno dei fasci nel sistema del centro di massa, e la "energy difference" ossia la differenza tra l'energia del B e quella di uno dei fasci, nel sistema del centro di massa.

Ho in seguito ottimizzato la selezione per ridurre la contaminazione di eventi  $e^+e^- \rightarrow l^+l^-$ ,  $q\bar{q}$  (con quark q diverso da b). Per lo scopo ho definito un discriminante multivariato (basato su boosted decision trees) in grado di separare eventi con topologia back-to-back da eventi in cui sono prodotti due mesoni B (a simmetria sferica). Infine, ho sfruttato il differente peso della componente invisibile (neutrini) nei canali leptonic e adronici di decadimento del tau, tagliando su variabili come la massa totale mancante e il momento della traccia di segnale nel sistema del centro di massa della coppia BB.

In conclusione, ho compiuto un fit di maximum likelihood alla variabile  $E_{extra}$ , che rappresenta l'energia associata ai clusters nel calorimetro elettromagnetico non riconducibili ai canali di decadimento ricostruiti dei mesoni B. È stato quindi sviluppato uno studio di Toy Monte Carlo per stimare la significatività attesa sulla misura del branching ratio con una luminosità raccolta di  $1 \text{ ab}^{-1}$  (quanto si raccoglierà nei primi 6-7 anni di presa dati circa). Questo studio preliminare ha già fornito, con una precisione del  $\sim 30\%$  e una significanza di circa 3.4 deviazioni standard, un risultato migliore di quelli ottenuti dalle B-factories con tag adronico.

Questo studio, insieme con le proiezioni delle incertezze statistiche e sistematiche attese sul branching ratio con 5 e  $50 \text{ ab}^{-1}$  di luminosità raccolta da Belle II, è stato riportato nella sezione "Leptonic B decays", di cui sono co-responsabile per la parte sperimentale, del "Belle II Physics Book". Tale documento, pubblicato nel Dicembre 2019 su "Progress of Theoretical and Experimental Physics (PTEP)", descrive, tra l'altro, tutte le più importanti osservabili che saranno misurate a Belle II, le proiezioni della precisione sperimentalmente raggiungibile e l'impatto delle misure sulla comprensione del quadro teorico.

Ho applicato una strategia di analisi del tutto simile anche allo studio del canale raro  $B \rightarrow K^*\nu\bar{\nu}$  che non è sinora mai stato osservato e sul cui branching ratio le B-factories hanno solo posto un limite superiore (BR atteso  $\sim 10^{-6}$ ). Lo stato finale analizzato è caratterizzato dalla presenza di energia mancante, un  $\pi^0$  e una sola traccia, dovuta a pioni e kaoni carichi e dunque anche qui un ruolo fondamentale è giocato dalla distribuzione di depositi di energia extra nel calorimetro elettromagnetico.

Gli elementi fondamentali nello studio dei canali decadimento sopra citati sono l'identificazione e la riduzione degli eventi di fondo che popolano la regione a basso  $E_{extra}$  e che si confondono con il segnale (principalmente decadimenti semileptonici del B, con tracce perdute perché prodotte molto in avanti lungo la beam pipe), la stima precisa dell'impatto del fondo macchina sulla misura del branching ratio e la messa a punto di strategie per la stima incertezze sistematiche.

Proprio per comprendere l'impatto del fondo in un contesto più generale, ho inoltre lavorato alla stima delle performances della Full Event Interpretation (FEI) per la ricostruzione del mesone B di tag e valutato l'impatto del fondo macchina su tale algoritmo. Ho utilizzato una strategia analoga a quella usata dall'esperimento Belle sui dati, ossia ho determinato efficienza e purezza della ricostruzione del mesone B tramite un fit alla distribuzione di  $M_{bc}$  e poi ho graficato tali valori in funzione del taglio sul discriminante multivariato FEI. Ho utilizzato questa procedura facendo uso delle simulazioni dei principali processi fisici,  $B\bar{B}$  e  $q\bar{q}$ , in presenza e in assenza di fondi macchina. Le curve così ottenute hanno permesso di valutare l'entità della degradazione dell'efficienza di ricostruzione del mesone B a causa del fondo macchina in Belle II, e hanno, cionondimeno, anche mostrato un globale miglioramento rispetto alle performances di ricostruzione in Belle. Anche tale lavoro è stato documentato nel Physics Book di Belle II nella sezione "Physics Analysis Software".

Nel 2019, in attesa dell'analisi dei dati di collisione, ho partecipato alla "data challenge" di Belle II, consistente nello studio di una campione di pseudo-dati, corrispondenti a una luminosità integrata di  $1 \text{ ab}^{-1}$ , in cui sono stati modificati i BR di alcuni decadimenti del mesone B e sono stati inseriti eventi di nuova fisica. Tale studio è fondamentale per testare lo stato di preparazione delle analisi, testare la calibrazione della Full Event Interpretation sui dati, e, infine, testare la capacità di scoprire nuova fisica, nel caso ci sia. I canali di decadimento che prendo in esame per questo studio sono  $B \rightarrow \tau\nu$  e  $B \rightarrow K^*\nu\bar{\nu}$ . Tale studio è stato condotto in maniera "blind", ossia escludendo la regione di spazio delle fasi dove sono attesi accumularsi i segnali cercati, e studiando il confronto pseudo-dati/Monte Carlo in diverse regioni di controllo ("sidebands"). Infine, si è giunti alla misura dei branching ratios utilizzando le stesse strategie sopra menzionate e non si è

trovata evidenza di nuova fisica in nessuno dei due casi. Tali studi sono descritti nelle note interne di Belle II “BELLE2-NOTE-PH-2019-007” e “BELLE2-NOTE-PH-2019-008”.

Dal 2020 ho cominciato ad analizzare i dati di collisione per la misura del branching ratio di  $B \rightarrow \tau\nu$ . Dal confronto tra dati e simulazioni emergono: 1) una cattiva modellizzazione del fondo continuo  $q\bar{q}$ , sottostimato nelle simulazioni; 2) una sottostima anche del fondo BB “combinatoriale”, ossia quegli eventi in cui sono presenti candidati B che non vengono ricostruiti correttamente dalla FEI; 3) una sovrastima nelle simulazioni dei candidati B ricostruiti correttamente. Per combattere il punto 1) è stato utilizzato un campione di dati raccolti “off-resonance”, ossia ad un’energia del centro di massa di circa 60 MeV inferiore a quella del picco della risonanza  $Y(4S)$ . L’utilità di questo campione risiede nella possibilità di stimare il contributo di eventi non-B direttamente dai dati, incluso il contributo del fondo macchina che, ad oggi, ancora non è descritto correttamente dalle simulazioni. Cionondimeno l’utilizzo di questo campione introduce larghe incertezze statistiche nelle analisi con un forte abbattimento dei fondi, in quanto i dati raccolti off-resonance sono circa 1/10 di quelli al picco della  $Y(4S)$ . Per affrontare il punto 3) ho compiuto uno studio dei fattori di calibrazione della FEI ottenuti analizzando i decadimenti inclusivi  $B \rightarrow Xl\nu$ , che correggono la sovrastima dell’efficienza di ricostruzione dei candidati B nelle simulazioni. Per quanto riguarda il punto 2) la frazione di fondo combinatoriale viene anch’essa direttamente stimata sui dati tramite un fit nella sideband della variabile  $M_{bc}$ .

Un ulteriore miglioramento nella descrizione dei fondi fisici è fornito dall’utilizzo di simulazioni Monte Carlo “run-dependent”, ossia simulazioni in cui il fondo macchina è direttamente preso da eventi di minimum bias raccolti con un opportuno random trigger e sovrainposto alla simulazione run per run. I primi studi preliminari sui dati di collisione sono riportati nella nota interna “BELLE2-NOTE-PH-2020-024 ” e nella nota pubblica “BELLE2-NOTE-PL-2020-023” e presentati per la prima volta a conferenza nel 2020.

Nel 2022 ho inoltre lavorato a un aggiornamento delle proiezioni sulla precisione che si raggiungerà nei prossimi dieci anni nella misura dei BR dei canali di decadimento  $B \rightarrow \tau\nu$  e  $B \rightarrow K^*\nu\bar{\nu}$ . Lo studio è descritto nella nota interna “BELLE2-NOTE-PH-2022-013” e pubblicato all’interno del documento “Snowmass White Paper: Belle II physics reach and plans for the next decade and beyond”, di cui sono co-autore, nel settembre del 2022.

Con l’attuale dataset di Belle II ( $\sim 400\text{fb}^{-1}$ ) in combinazione con il dataset di Belle ( $\sim 700\text{fb}^{-1}$ ) sarà possibile ottenere una nuova misura del BR più precisa di quelle attuali, prevista per la pubblicazione alla fine del 2024.

I decadimenti leptonic, semileptonic e con energia mancante trarrebbero inoltre un enorme vantaggio in termini di potenziale di scoperta dall’utilizzo di algoritmi di machine learning per la ricostruzione del B-tag. Infatti, in alcuni studi preliminari recenti è stato dimostrato che le deep neural networks applicate alla Full Event Interpretation potrebbero aumentare l’efficienza complessiva di tag anche di un fattore 5, costituendo un promettente punto di partenza per gli sviluppi futuri della FEI. Tali algoritmi sono attualmente in fase di studio anche per la ricostruzione delle particelle nel calorimetro elettromagnetico tramite l’uso di metodi mutuati dalla computer vision, per la simulazione veloce di grandi quantità di eventi Monte Carlo e la discriminazione segnale/rumore usando dati non completamente ricostruiti (“low-level data”).

Tali tecniche trovano sempre più spazio anche in ambiti scientifici lontani dalla fisica delle alte energie. Ad esempio, grandi moli di immagini acquisite da satelliti SAR dei raccolti agricoli possono essere analizzate in maniera innovativa, usando algoritmi di deep learning, per studiare ed individuare le fasi fenologiche dei cicli di crescita del raccolto. In tal modo sarebbe possibile una gestione più sicura e intelligente delle infrastrutture e delle risorse del territorio e un incremento della produttività agricola.

### **Partecipazione all’esperimento Belle II: B-counting (2019-oggi)**

Stimare con precisione il numero di coppie di mesoni B prodotti nel campione di dati raccolti è di importanza fondamentale per la misura dei branching ratios dei mesoni B. La stima tramite prodotto di sezione d’urto di BB per la luminosità è affetta da un’incertezza del 4-5% a causa della scarsa conoscenza della sezione d’urto in funzione dell’energia del centro di massa dei fasci collidenti. D’altro canto, l’obiettivo della misura è raggiungere un’incertezza inferiore al 1%, dal momento che all’aumentare della statistica dei dati di Belle II l’incertezza proveniente dal B-counting sarà dominante per molte misure di Branching Ratios (attualmente già lo è per le misure di  $B \rightarrow Dl\nu$  e  $B \rightarrow J/\psi K$ ).

Inizialmente ho lavorato all’analisi delle variabili globali di evento, come i momenti di Fox-Wolfram (ampiamente utilizzati alle B-factories) per discriminare il canale di produzione  $e^+e^- \rightarrow BB$  a simmetria sferica da eventi  $e^+e^- \rightarrow l^+l^-, l^+l^-l^+l^-$  (two-photons) con topologia back-to-back, e stabilire una selezione con alta efficienza per eventi BB e che potesse ridurre il contributo del fondo macchina e degli eventi a bassa molteplicità (bhabha, two-photons). La misura consiste nella sottrazione degli eventi non-B dai dati raccolti alla  $Y(4S)$  per ottenere il numero di coppie BB in un dato campione. Diverse tecniche sono state indagate (e procedure di fit) per stimare il numero di eventi non-B nel campione di dati, la più robusta utilizza i dati raccolti off-resonance riscalati alla luminosità dei dati on-peak ( $Y(4S)$ ) e ripesati opportunamente per tener conto delle diverse efficienze di selezione e sezioni d’urto dei processi fisici alle due diverse energie.

Lo studio si è poi concentrato sulla stima delle incertezze sistematiche, dominanti sulle statistiche, separate in due contributi: un primo contributo “base” dovuto a incertezza sulla luminosità, stabilità del risultato al variare della selezione, inefficienza di tracking e di trigger; il secondo, più complesso da valutare, dovuto al variare delle condizioni dei fasci durante la presa dati. La variazione delle condizioni di presa dati influisce sia sulla sottrazione dei dati off-resonance (disponibilità limitata, rischio di sottrarre un fondo macchina diverso da quello presente nei dati on-resonance), sia sulla valutazione delle efficienze per energie on e off-resonance (per queste si usano i campioni Monte Carlo run-dependent). Per questo motivo la misura viene effettuata dividendo il campione di dati in sotto-campioni in cui le condizioni di fondi macchina siano circa costanti. La variazione delle condizioni dei fasci è responsabile di un’incertezza sistematica del 0.4%, mentre l’incertezza sulla luminosità contribuisce per un 0.7%, a fronte di un’incertezza totale dell’1%.

Lo studio iniziale è riassunto nella nota interna “BELLE2-NOTE-PH-2019-025” e nelle note pubbliche “BELLE2-NOTE-PL-2019-017” e “BELLE2-NOTE-PL-2020-006” ed è stato presentato più volte a conferenze nel 2019 e 2020 (EPS-HEP, Lepton-Photon, ICHEP). Lo studio aggiornato con le ultime stime delle incertezze sistematiche è riportato nelle note interne “BELLE2-NOTE-PH-2022-007” e “BELLE2-NOTE-PH-2022-035”. Nel 2024 è prevista la pubblicazione di questo studio su rivista.

### **Partecipazione all’esperimento Belle II: lavoro sul software, sul calorimetro elettromagnetico e common tasks (2016-oggi)**

In Belle II l’alta intensità delle collisioni porterà ad un incremento anche di un fattore 40, rispetto a Belle, del fondo di fotoni indotto dai fasci di elettroni e positroni che circolano nell’acceleratore SuperKEKB. Dal momento che i cluster calorimetrici giocano un ruolo fondamentale nello studio dei decadimenti  $B \rightarrow \tau\nu$  e  $B \rightarrow K^*\nu\bar{\nu}$  di cui mi occupo (contribuendo sia all’energia extra nel calorimetro che alla ricostruzione dei  $\pi^0$ ) è stato necessario effettuare uno studio dedicato per selezionare un campione puro di fotoni di “fisica” (così chiamati i fotoni provenienti unicamente dai decadimenti dei mesoni B). Per tale studio ho combinato le informazioni angolari dei fotoni (i fotoni di fondo sono emessi prevalentemente nella regione in avanti del detector) con l’energia dei cluster calorimetrici (fotoni di fondo poco energetici), il timing del cluster rispetto al bunch crossing (fotoni di fondo indipendenti dal bunch crossing) ed altre variabili che caratterizzano la forma e distribuzione dei clusters calorimetrici. Ho così stabilito una selezione ottimale dei fotoni e di  $\pi^0$ , che poi è divenuta ufficiale all’interno di Belle II. Successivamente, negli anni 2017-2018, sono diventato responsabile della definizione e ottimizzazione della selezione dei  $\pi^0$  in Belle II.

Ho poi lavorato a una selezione ottimizzata per rigettare i cluster dovuti al fondo macchina sfruttando le stime più precise dei fondi che vengono dai primi dati ed ho collaborato alla definizione della strategia per stimare le incertezze sistematiche sulla ricostruzione dei  $\pi^0$ .

In questo filone si inserisce anche il lavoro di R&D per studiare le performance dei cristalli di ioduro di cesio puro per l’upgrade del calorimetro elettromagnetico di Belle II nella regione forward. Rispetto ai cristalli calorimetrici importati da Belle, di ioduro di cesio drogati al tallio, i primi hanno una maggiore resistenza alle radiazioni e un minor tempo di risposta, in grado di sostenere l’alto rate di eventi in Belle II. Ho quindi effettuato dei test beam sui cristalli ed è in corso lo studio della ricostruzione dei clusters calorimetrici per differenti ipotesi di fondo macchina (x1, x2, x5 rispetto al fondo attuale), per stabilire l’impatto dell’upgrade sulle misure di fisica nei canali di decadimento del B sopra citati e, in generale, sul potenziale di scoperta di Nuova Fisica in Belle II. Questo lavoro è stato pubblicato su arXiv nel Marzo 2022 nel documento “Snowmass Whitepaper: The Belle II Detector Upgrade Program”, di cui sono co-autore.

Ho inoltre studiato l’identificazione degli elettroni concentrandomi sulla valutazione e validazione delle performances degli algoritmi attualmente utilizzati nel software di Belle II. Il rapporto tra il rilascio energetico nel calorimetro e l’impulso della particella ( $E/p$ ), e la frazione di energia persa ( $dE/dx$ ) nel tracciatore, sono tra gli elementi che forniscono la migliore separazione tra l’ipotesi elettrone e quelle di muone e pione.

Ho anche collaborato attivamente allo sviluppo del software per analizzare le simulazioni di Belle II utilizzando il calcolo distribuito su GRID.

All’interno della collaborazione Belle II ho svolto common tasks, in particolare ho svolto turni di presa dati nella control room dell’esperimento, turni di esperto per il calorimetro elettromagnetico, turni di computing per il monitoraggio della produzione Monte Carlo e turni di “software quality monitoring” per monitorare e migliorare la qualità del software utilizzato da Belle II.

### **Partecipazione all’esperimento Belle (2016-oggi)**

Dal 2016 sono entrato anche nella collaborazione Belle come Principal Investigator, ovvero Institutional Board Representative, per il gruppo di Napoli. Grazie allo sviluppo di un software di conversione del formato di dati di Belle in quello di Belle II (B2BII converter), è stato possibile analizzare il dataset completo raccolto da Belle con lo stesso framework usato in Belle II, usando i tools di analisi e le tecniche sviluppate in Belle II, come la Full Event Interpretation. Questi studi hanno aperto la strada alla preparazione della combinazione delle analisi dei decadimenti  $B \rightarrow \tau\nu$  e  $B \rightarrow K^*\nu\bar{\nu}$  con i dati raccolti da Belle II.

### **Altre competenze**

Conoscenza di linguaggi di programmazione (C++, python), strumenti di analisi dati (root, roofit, roostats) e di analisi multivariate (TMVA) in fisica delle alte energie, tecniche di analisi statistiche dei dati.

Lingua madre: italiano

Altra lingua: inglese (capacità di lettura, scrittura ed espressione orale molto buone)

### **Pubblicazioni**

Alla data 19/02/2024 sono autore di (database Scopus):

Total Published Papers: 729

Total Citations: 52429

Hirsh (H) index: 105

### **Partecipazione ad esperimenti e associazioni scientifiche**

**2008:** Partecipazione all'esperimento BaBar situato presso i laboratori di SLAC (Stanford Linear Accelerator Center);

**2009-2018:** Associazione scientifica all'INFN;

**2009-2016:** Partecipazione all'esperimento CMS situato presso il CERN di Ginevra;

**2010-2018:** Associazione scientifica al CERN di Ginevra;

**2015-oggi:** Associazione scientifica ai laboratori di KEK a Tsukuba;

**2015-oggi:** Partecipazione all'esperimento Belle II situato presso i laboratori di KEK (Tsukuba);

**2016-oggi:** Partecipazione all'esperimento Belle (i.e. Belle I) situato presso i laboratori di KEK (Tsukuba);

**2019-oggi:** Incarico di ricerca scientifica presso l'INFN;

### **Organizzazione convegni e conferenze, editorial boards**

**2010-oggi:** Membro del comitato organizzativo del "Workshop on Theory, phenomenology and experiments in Flavour Physics" che si tiene a Capri (Napoli) ogni due anni e membro dell'Editorial Board dei relativi Proceedings;

**2013:** Membro del comitato organizzativo del primo "CMS single-top workshop", Napoli

**2015:** Membro del comitato organizzativo della "CMS Upgrade and Physics Workshop", Ischia (Napoli)

**2016-oggi:** Membro del comitato organizzativo delle Progetto "Art & Science Across Italy", organizzato dall'INFN e dal CERN;

**2017:** Membro del comitato organizzativo della Conferenza Internazionale "XII Meeting on B Physics", Napoli;

**2018:** Convener della sessione "Frontiera dell'Intensità" della XVII Conferenza "Incontri di Fisica delle Alte Energie" (IFAE), Milano;

**2019:** Membro del comitato organizzativo della XVIII Conferenza "Incontri di Fisica delle Alte Energie" (IFAE), Napoli;

**2020-oggi:** Membro dell'Editorial Board della rivista online "MDPI Journal Universe", ed editor dello Special Issue "Enhancing Sensitivity to Physics beyond the Standard Model and Detector Performance Monitoring in HEP Experiments with Machine Learning".

### **Coordinamento gruppi di ricerca:**

Responsabilità nell'ambito dell'esperimento CMS:

- Responsabile misura sezione d'urto di produzione del quark top singolo nel *canale* s a 7 e 8 TeV

- Responsabile misura sezione d'urto di produzione del quark top singolo nel *canale t* a 7 TeV e nella fase iniziale a 8 TeV
- Responsabile sviluppo del sistema di Data Quality Monitoring per la misura del top singolo;
- Referee degli articoli di CMS in via di pubblicazione, a nome del gruppo di CMS Napoli, nel 2016.

Responsabilità nell'ambito degli esperimenti Belle I e Belle II:

**2016-2019:** Responsabile studio decadimento  $B \rightarrow K^* \nu \nu$  in Belle II;

**2017-2020:** Responsabile definizione e ottimizzazione selezione dei  $\pi^0$  in Belle II;

**2016-oggi:** Responsabile studio decadimento  $B \rightarrow \tau \nu$  in Belle II;

**2016-oggi:** Principal investigator del gruppo di Belle Napoli;

**2017-2021:** Coordinatore della produzione Monte Carlo per il gruppo di fisica che studia i decadimenti

**2018-2021:** Convener del gruppo di fisica "Leptonic B decays" in Belle II; leptonici, semileptonici e con energia mancante del mesone B in Belle II;

**2019-oggi:** Responsabile misura del B-counting per Belle II;

### Partecipazione in qualità di relatore a congressi e convegni di interesse internazionale

- Presentazione orale al "47th Belle II Collaboration Meeting" tenutosi nei laboratori di KEK, Tsukuba, dal 29 Gennaio al 3 Febbraio 2024, con titolo "B-counting status";
- Presentazione orale alla "20th International Conference on Hadron Spectroscopy and Structure (HADRON 2023)", tenutasi a Genova dal 5 al 9 Giugno 2023, con titolo "Recent highlights from Belle II";
- Presentazione orale al "41st Belle II Collaboration Meeting" tenutosi online dal 16 al 28 Gennaio 2022, con titolo "B-counting status and readiness for Moriond 2022";
- Presentazione orale alla "European Physical Society Conference on High Energy Physics (EPS-HEP 2021)", tenutasi online dal 26 al 30 Luglio 2021, con titolo "Towards first  $|V_{ub}|$  and  $|V_{cb}|$  measurements at Belle II";
- Presentazione orale al "39th Belle II Collaboration Meeting" tenutosi online dal 13 al 25 Giugno 2021, con titolo "B -> tau nu analyses";
- Presentazione orale al "38th Belle II Collaboration Meeting" tenutosi online dal 31 Gennaio al 12 Febbraio 2021, con titolo "B -> tau nu status update";
- Presentazioni orali al "37th Belle II Collaboration Meeting" tenutosi online dal 2 al 13 Novembre 2020, con titoli "Hadronic tagged B -> tau nu update with Moriond2021 dataset" e "B-counting and offline luminosity measurement";
- Presentazioni orali al "36th Belle II Collaboration Meeting" tenutosi online dal 15 al 27 Giugno 2020, con titolo "B -> tau nu in early phase III data" e "B-counting and off-resonance";
- Presentazione orale alla "18th Conference on flavour physics and CP violation (FPCP)", tenutasi online dall'8 al 12 Giugno 2020, con titolo "Towards first CKM measurements at Belle II";
- Presentazione orale al "34th Belle II Collaboration Meeting" tenutosi nei laboratori di KEK, Tsukuba, dal 21 al 25 Ottobre 2019, con titolo "Update on B-counting and data/MC comparisons in phase 3 data";
- Presentazione orale al "2019 International Workshop on Baryon and Lepton Number Violation (BLV2019)", tenutosi a Madrid, 21-24 Ottobre 2019, dal titolo "LFV, lepton universality, and rare decay searches at  $e^+e^-$  colliders";
- Presentazioni orali al "33rd Belle II Collaboration Meeting" tenutosi nei laboratori di KEK, Tsukuba, dal 17 al 21 Giugno 2019, con titoli "R2 study and B counting" e "B -> tau nu data challenge status";
- Membro del comitato organizzatore della XVIII edizione di IFAE "Incontri di Fisica delle Alte Energie", tenutasi a Napoli, 8-10 Aprile 2019;
- Presentazione orale al "32nd Belle II Collaboration Meeting" tenutosi nei laboratori di KEK, Tsukuba, dal 4 all'8 Febbraio 2019, con titolo "B --> tau nu and B --> K\* nu nu";

- Presentazione orale alla "XIII International Conference on Beauty, Charm and Hyperon Hadrons – BEACH2018" tenutasi a Peniche (Portogallo), 18-22 Giugno 2018, dal titolo "R(D<sup>\*</sup>) and other missing energy B decays at the Belle II Experiment";
- Presentazione orale alla "17<sup>th</sup> International Conference on B-Physics at Frontier Machines – BEAUTY2018", tenutasi a La Biodola, Isola d'Elba, 8-12 Maggio 2018, dal titolo "Missing Energy B Decays at the Belle II Experiment";
- Presentazioni orali al "29<sup>th</sup> Belle II Collaboration Meeting" tenutosi nei laboratori di KEK, Tsukuba, dal 5 al 9 Febbraio 2018, con titoli "GRID usage by analysis users" e "Leptonic sub-group Report";
- Presentazione orale al "23<sup>th</sup> International Symposium on Particles, Strings and Cosmology, PASCOS 2017", tenutosi a Madrid dal 19 al 23 Giugno 2017, con titolo "The Belle II experiment: status and physics prospects".
- Presentazione orale al "16<sup>th</sup> Belle II Computing Workshop" tenutosi alla Biodola, Isola d'Elba, dal 15 al 19 Maggio 2017, dal titolo "Experience with analysis on the GRID".
- Presentazione orale al "26<sup>th</sup> Belle II Collaboration Meeting" tenutosi nei laboratori di KEK, Tsukuba, dal 6 all'11 Febbraio 2017, con titolo "Photons and pi0 physics lists performances in release-00-08-00"
- Co-autore della presentazione orale al "4<sup>th</sup> Belle II Theory Interface Platform (B2TiP) Workshop", tenutosi a Pittsburgh dal 23 al 25 Maggio 2016, con titolo "B -> K\* nu nu at Belle II".
- Presentazione orale al "4<sup>th</sup> Belle II Theory Interface Platform (B2TiP) Workshop", tenutosi a Pittsburgh dal 23 al 25 Maggio 2016, con titolo "B -> tau nu at Belle II".
- Poster presentato alla "European Physical Society Conference on High Energy Physics, EPS-HEP 2015" tenutasi a Vienna dal 22 al 29 Luglio 2015, con titolo "Search for s-channel single top-quark production in pp collisions".
- Presentazione orale alla "European Physical Society Conference on High Energy Physics, EPS-HEP 2015" tenutasi a Vienna dal 22 al 29 Luglio 2015, con titolo "Measurement of single top production in the tW-channel and search for s-channel in pp collisions".
- Presentazione orale alla "37<sup>th</sup> International Conference on High Energy Physics, ICHEP 2014" tenutasi a Valencia dal 2 al 9 Luglio 2014, con titolo "Measurement of single top quark production in pp collisions at CMS".
- Poster presentato alla "37<sup>th</sup> International Conference on High Energy Physics, ICHEP 2014" tenutasi a Valencia dal 2 al 9 Luglio 2014, con titolo "Search for s-channel single top-quark production in pp collisions with the CMS experiment at the LHC".
- Presentazione orale alla conferenza "Standard Model at LHC, SM@LHC" tenutasi a Madrid dall'8 all'11 Aprile 2014, con titolo "Single-top measurements at the LHC".
- Presentazione orale al "19<sup>th</sup> International Symposium on Particles, Strings and Cosmology, PASCOS 2013", tenutosi a Taipei dal 20 al 26 Novembre 2013, con titolo "Measurement of single top quark processes with CMS".
- Poster presentato al "5<sup>th</sup> International Workshop on Top Quark Physics, TOP 2012", tenutosi a Winchester dal 16 al 21 Settembre 2012, con il titolo "Measurement of the single top quark t-channel cross section with a template fit analysis".

## DIDATTICA

### Assistenza didattica, esercitazioni, titolarità di corsi

- Tutor alle Masterclass in fisica delle particelle elementari rivolte agli studenti delle scuole superiori negli anni 2010-2015 e nel 2024, presso l'Università di Napoli Federico II.
- Assistenza al corso di Laboratorio di Fisica I del corso di Laurea in Fisica presso l'Università di Napoli Federico II, negli anni accademici 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016 e membro delle relative commissioni di esame;
- Assistenza al corso di Laboratorio di Fisica delle Particelle del corso di Laurea Magistrale in Fisica presso l'Università di Napoli Federico II, negli anni accademici 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016 e membro delle relative commissioni di esame;
- Esercitazioni di Fisica Sperimentale al corso di Laurea in Ottica e Optometria presso l'Università di Napoli Federico II nell'anno accademico 2016/2017;

- Assistenza al corso di Programmazione a Oggetti per la Fisica negli anni accademici 2015/2016 e 2016/2017 presso l'Università di Napoli Federico II, in qualità di relatore di tesine;
- Titolare del corso di Fisica (9 CFU) nel Corso di Laurea in Tecnologie Alimentari presso il Dipartimento di Agraria dell'Università di Napoli Federico II, per gli anni accademici 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020 e presidente delle relative commissioni di esame;
- Precorsi di Fisica presso il Dipartimento di Agraria dell'Università di Napoli Federico II, negli anni 2020, 2021, 2022, 2023;
- Titolare del corso di Fisica (6 CFU) nel Corso di Laurea in Tecnologie Alimentari presso il Dipartimento di Agraria, negli anni accademici 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023 e 2023/2024 e presidente delle relative commissioni di esame;
- Titolare del corso di Fisica (6 CFU) nel Corso di Laurea in Scienze Agrarie Forestali e Ambientali presso il Dipartimento di Agraria, per gli anni accademici 2020/2021, 2021/2022, 2022/2023 e 2023/2024 e presidente delle relative commissioni di esame;

### Seminari didattici per studenti

- Seminario dal titolo "La fisica del top" tenuto per il corso di Fisica delle Particelle Elementari al corso di Laurea Magistrale in Fisica presso l'Università di Napoli Federico II, negli anni accademici 2014/2015 e 2015/2016;
- Seminario dal titolo "L'esperienza Belle II" tenuto per il corso di "Complementi di fisica delle particelle elementari" nell'anno accademico 2018/2019, presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli Federico II;
- Partecipazione alle "Pillole di Scienza" per l'Orientamento online del Dipartimento di Agraria dell'Università di Napoli Federico II nel 2021, con un seminario dal titolo "La Fisica intorno a noi";
- Seminari su "Simmetrie e particelle elementari" nell'ambito del progetto "ART&SCIENCE ACROSS ITALY", tenuti in numerose scuole napoletane dal 2016 fino al 2023;
- Seminario dal titolo "La fisica del mesone B: misure e prospettive" tenuto per il corso di "Complementi di fisica delle particelle elementari" nell'anno accademico 2023/2024, presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli Federico II;

### Tutor e relatore di tesi di laurea e dottorato

- Tutor di tesi di Dottorato in Fisica Fondamentale ed Applicata dal titolo "Study of a Multivariate Technique for the Search of Single Top-Quark Production with  $\sqrt{s} = 8$  TeV in the CMS Experiment at CERN", discussa nel Maggio 2015 presso l'Università di Napoli Federico II;
- Relatore di tesi di Laurea Triennale in Fisica dal titolo "Misure della sezione d'urto di produzione del top singolo nel canale s con l'esperienza CMS ad LHC", discussa nel Febbraio 2015 presso l'Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Fisica;
- Relatore di tesi di Laurea Triennale in Fisica dal titolo "Identificazione di elettroni nel Calorimetro Elettromagnetico dell'esperienza Belle II, Tsukuba, Giappone", discussa nel Marzo 2015 presso l'Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Fisica;
- Relatore di tesi di Laurea Triennale in Fisica dal titolo "Studio degli eventi  $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$  con il primo run di dati sperimentali dell'esperienza Belle II", discussa nell'Ottobre 2018 presso l'Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Fisica;
- Relatore di tesi di Laurea Magistrale in Fisica dal titolo "Study of the  $B \rightarrow \tau\nu$  decay with the Belle II experiment", discussa nel Luglio 2019 presso l'Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Fisica;
- Relatore di tesi di Laurea Magistrale in Fisica dal titolo "Search for  $B \rightarrow \tau\nu$  decay at the Belle II experiment", discussa nel Luglio 2020 presso l'Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Fisica;
- Relatore di tesi di Laurea Magistrale in Fisica dal titolo "Evidence for  $B \rightarrow \tau\nu$  decay at the Belle II experiment", discussa nell'Ottobre 2021 presso l'Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Fisica;

- Relatore di tesi di Laurea Triennale in Tecnologie Alimentari dal titolo “Trattamenti termici alternativi per la cottura degli alimenti”, discussa nel Giugno 2021 presso l’Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria;
- Relatore di tesi di Laurea Triennale in Tecnologie Alimentari dal titolo “Food preservation methods by low temperatures”, discussa nel Novembre 2021 presso l’Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria;
- Relatore di tesi di Laurea Triennale in Tecnologie Alimentari dal titolo “Il problema del cuneo salino nelle produzioni colturali: metodi e risultati” discussa nel Settembre 2022 presso l’Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria;
- Tutor di studente di dottorato in “Mathematical and physical sciences for advanced materials and technologies” della Scuola Superiore Meridionale, XXXVII Ciclo, sullo studio del canale di decadimento  $B \rightarrow \tau \nu$  nell’ambito dell’esperimento Belle II
- Relatore di tesi di Laurea Triennale in Tecnologie Alimentari dal titolo “Tecniche di estrazione green di nutrienti” discussa nel Maggio 2023 presso l’Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria;
- Relatore di tesi di Laurea Triennale in Tecnologie Alimentari dal titolo “Utilizzo delle alte pressioni per la conservazione degli alimenti” discussa nel Maggio 2023 presso l’Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Agraria;

### **Partecipazione alle attività di Terza Missione per l’Università di Napoli Federico II**

- Partecipazione alla “Notte Europea dei Ricercatori 2023” con un seminario dal titolo “La Fisica spiegata con Arte: Percorsi tra Arte e Scienza” tenutosi presso la Reggia di Portici il 29 Settembre 2023;
- Partecipazione alla manifestazione “Futuro Remoto 2022” con uno spazio espositivo dal tema “Uomo, Agricoltura, Alimentazione e Natura: alla ricerca dell'equilibrio. Fisica e Arte in Equilibrio”, tenutasi a Città della Scienza dal 22 al 27 Novembre 2022;
- Membro del comitato di coordinamento di Napoli dalla I edizione (2016-2018) fino alla IV edizione (2022-2024) del progetto "ART&SCIENCE ACROSS ITALY", organizzato dall'INFN e dal CERN. Il progetto è rivolto agli studenti delle scuole superiori italiane con l’obiettivo di divulgare la scienza utilizzando il linguaggio dell’arte. In tale contesto tengo anche seminari presso le scuole dal titolo “Simmetrie e particelle elementari”. Sono stato, inoltre, Tutor formativo esterno per il Liceo Scientifico “Filippo Silvestri” di Portici (Napoli) nel percorso di alternanza scuola-lavoro per la II e III edizione del progetto;
- Partecipazione alla manifestazione “Futuro Remoto 2021” con il seminario “Bosone di Higgs: dalla particella subatomica alla pizza” tenuto a Città della Scienza il 24 Novembre 2021;
- Partecipazione alla “Notte Europea dei Ricercatori 2021” con un seminario dal titolo “La Fisica spiegata con Arte: Percorsi tra Arte e Scienza” tenuto a Napoli il 27 Settembre 2021;
- Partecipazione alla manifestazione “Futuro Remoto 2020” con il seminario “Percorsi tra Arte e Scienza” tenuto online il giorno 28 Novembre 2020;
- Partecipazione alla manifestazione “AAA RicercaSi. Agricoltura, Alimenti e Ambiente: incontri di divulgazione con ricercatori del Dipartimento di Agraria” con il seminario “La Fisica spiegata con Arte” tenuto online il 12 Maggio 2020;
- Partecipazione alle “Fattorie Didattiche 2019”, con uno spazio espositivo su “Le simmetrie: percorsi tra Fisica e Arte”, presso l’Istituto Zooprofilattico di Portici, nei giorni 11-12 Maggio 2019;
- Partecipazione alla manifestazione “Futuro Remoto 2018” con uno spazio espositivo su “Il bosone di Higgs: che pizza !”, presso la Città della Scienza di Napoli, l’11 Novembre 2018;
- Partecipazione alla “Notte Europea dei Ricercatori” con uno spazio espositivo su “Il bosone di Higgs: che pizza !”, presso il Dipartimento di Agraria, Portici, il 28 Settembre 2018;
- Seminario dal titolo “Le tecniche di indagine della fisica subnucleare ed applicazioni alle scienze agrarie” tenuto l’11 Aprile 2018 presso la Sala Cinese della Reggia di Portici, nell’ambito della rassegna “Caffè Scientifico di Agraria”.

### **Partecipazione a organi collegiali e commissioni**

- Membro della Commissione Saperi Minimi a partire dall’anno 2019 del Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II;
- Membro e poi responsabile del gruppo “Cruscotto della Didattica” del Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II a partire dal 2018. Il gruppo ha lo scopo di analizzare indicatori riguardanti gli studenti in ingresso, in itinere, laureati e post-laurea, accedendo al database DataWarehouse di Ateneo, con lo scopo di individuare criticità e

proporre modifiche e integrazioni per i corsi di laurea. Regolarmente (circa tre volte l'anno) produco dei report che poi discuto con gli altri docenti nelle riunioni della Commissione di Coordinamento Didattico.

- Membro del comitato scientifico del concorso di design "Re-Food: Reinventare gli scarti agroalimentari", promosso dai Dipartimenti di Agraria e Architettura della Federico II, svoltosi nel 2022.

Napoli, 19/02/2024

*Mario Merola*