



**Istituto Nazionale di Fisica Nucleare**

**CONCORSO PER IL CONFERIMENTO  
DI N. 1 BORSA DI STUDIO PER ATTIVITA' DI FORMAZIONE SCIENTIFICA  
PER STUDENTI UNIVERSITARI**

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Bando 24316

Concorso per il conferimento di n. 1 borsa di studio per attività di formazione scientifica per studenti Universitari

IL PRESIDENTE

dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

DISPONE

E' indetto un concorso pubblico per titoli ed esame colloquio a n 1 borsa di studio per attività di formazione scientifica per studenti Universitari nel campo della fisica sperimentale dell'INFN durante lo svolgimento della tesi magistrale, su uno dei temi riportati nell'allegato A del bando.

La borsa avrà durata di 6 mesi e non potrà proseguire oltre la data di conseguimento del titolo di laurea magistrale.

L'importo lordo della borsa, per la durata di 6 mesi, è stabilito in € 6.600,00. [L'importo netto mensile della borsa calcolato con le norme in vigore alla data 28-01-2022 è di circa € 1.200,00; questo numero potrebbe cambiare a causa di adeguamenti normativi].

I candidati/le candidate devono essere in possesso dei seguenti requisiti di ammissione:

- conseguimento della laurea triennale nel 2021;
- iscrizione al curriculum di Fisica Nucleare e Subnucleare della laurea magistrale nell'anno accademico 2021/2022 con una media voti esame non inferiore a 27/30.

I candidati verranno selezionati sulla base di un concorso per titoli ed esame colloquio che valuterà le loro capacità tecnico-scientifiche.

*Tutti i requisiti devono essere posseduti alla data di scadenza per la presentazione delle domande.*

Le domande di partecipazione al concorso, redatte in carta semplice secondo lo schema unito al presente bando (Allegato n. 1), sottoscritte dagli interessati, devono essere inoltrate a mezzo raccomandata A.R., al Direttore della Sezione di Lecce dell'INFN – Via Arnesano, 73100 Lecce - **entro e non oltre il 30 giugno 2022.**

Le domande potranno altresì essere inoltrate, entro il predetto termine, per mezzo di Posta Elettronica Certificata per [lecce@pec.infn.it](mailto:lecce@pec.infn.it) nel rispetto delle norme vigenti in materia.

Qualora il termine di presentazione delle domande venga a scadere in giorno festivo, si intende protratto al primo giorno non festivo immediatamente seguente.

Le domande di partecipazione tramite raccomandata A.R. dovranno pervenire al Direttore della Sezione di Lecce **entro e non oltre il giorno 5 luglio 2022.**

Per informazioni si prega di inviare un e-mail all'indirizzo di posta elettronica [prot@le.infn.it](mailto:prot@le.infn.it)

*È prevista l'esclusione dal concorso delle domande non sottoscritte o inoltrate oltre il termine fissato.*

Nella domanda, possibilmente dattiloscritta, il candidato/la candidata deve indicare sotto la propria responsabilità:

- cognome e nome;
- data e luogo di nascita;
- residenza anagrafica;
- codice fiscale;
- cittadinanza;

- di non aver riportato condanne penali, precisando, in caso contrario, quali condanne abbia riportato;
- di essere in possesso del titolo di studio richiesto dal presente bando, indicando lo stesso, la data e il luogo di conseguimento
- possesso di titoli.

Il candidato/la candidata deve inoltre indicare nella domanda:

- l'indirizzo e- mail cui desidera che gli siano fatte pervenire le comunicazioni relative al concorso.

Alla domanda ***devono essere allegati*** i seguenti documenti:

1. dichiarazione sostitutiva di certificazioni, ai sensi dell'art. 46 del D.P.R. 28.12.2000 n. 445 (*allegato n. 2*), relativa ai titoli di studio conseguiti, la votazione riportata e la data di conseguimento;
2. estratto degli esami già sostenuti sia nella laurea triennale che in quella magistrale;
3. fotocopia (non autenticata) di un documento di riconoscimento in corso di validità.

E' prevista l'esclusione dal concorso nel caso in cui alla domanda non siano allegati i documenti di cui ai punti 1) e 2) del precedente comma, redatti secondo le modalità indicate.

In alternativa alla dichiarazione di cui al punto 1) e consentito allegare alla domanda una fotocopia del certificato dei titoli di studio, corredata da una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà attestante la conformità della copia all'originale ai sensi dell'art. 47 del D.P.R. 28.12.2000 n. 445 (allegato n. 3).

***Inoltre saranno esclusi, i candidati che non allegano la fotocopia (non autenticata) di un documento di riconoscimento in corso di validità alla dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà.***

La domanda, con la documentazione allegata, deve essere inserita in un unico plico. L'involucro esterno deve recare l'indicazione del nome, cognome e indirizzo del candidato e numero del concorso cui partecipa.

Non si tiene conto delle domande, dei titoli e dei documenti inoltrati all'INFN oltre il termine del **30 giugno 2022**, né è infine consentito, scaduto il termine stesso, di sostituire i titoli e i documenti già presentati.

La commissione esaminatrice dispone complessivamente di n. 200 punti così ripartiti:

- 60 punti per i titoli;
- 140 punti per l'esame-colloquio.

La commissione stabilisce i criteri per la valutazione dei titoli, prima di aver preso visione degli stessi e della relativa documentazione. La valutazione dei titoli precede l'esame-colloquio.

I titoli valutabili sono: il voto di laurea triennale, la media delle votazioni riportate negli esami relativi al corso di Laurea Triennale, il numero di esami e la media delle votazioni riportate nel corso di Laurea Magistrale

L'esame-colloquio non si intende superato se il candidato/la candidata non ha ottenuto la votazione di almeno 98/140.

Il candidato o la candidata entra in graduatoria solo se consegue una votazione minima totale di 140 punti.

L'avviso di data, ora e luogo dell'eventuale colloquio sarà comunicato, almeno quindici giorni prima della discussione, all'indirizzo mail indicato nella domanda di partecipazione

Il candidato o la candidata, ai fini della partecipazione al bando di concorso, può chiedere di espletare l'eventuale esame colloquio in videoconferenza. Se necessario, per problematiche tecniche, la videoconferenza potrà essere svolta presso una Struttura INFN per la quale verrà emessa esplicita autorizzazione (Allegato n.4).

La graduatoria finale viene resa pubblica mediante pubblicazione alla pagina web del bando e, in ogni caso, i candidati interessati e le candidate interessate riceveranno tramite e-mail un'ulteriore comunicazione dell'esito del concorso.

Il presente concorso pubblico è finanziato a valere sui fondi ordinari della Sezione di Lecce.

Titolare del Trattamento: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: email: presidenza@presid.infn.it

Responsabile della Protezione dei Dati: e-mail: [dpo@infn.it](mailto:dpo@infn.it)

In conformità a quanto disposto dall'art. 13 del Regolamento UE 2016/679, i dati personali richiesti saranno raccolti e trattati, anche con l'uso di più strumenti informatici, esclusivamente per la gestione delle attività concorsuali e nel rispetto della disciplina legislativa e regolamentare dettata per lo svolgimento di tali attività.

Il conferimento dei dati è necessario per valutare i requisiti di partecipazione ed il possesso dei titoli e la loro mancata indicazione può precludere tale valutazione. I dati sono conservati per il periodo necessario all'espletamento della procedura selettiva e successivamente trattenuti ai soli fini di archiviazione.

L'INFN garantisce ad ogni interessato l'accesso ai dati personali che lo riguardano, nonché la rettifica, la cancellazione e la limitazione degli stessi ed il diritto di opporsi al loro trattamento; garantisce altresì il diritto di proporre reclamo all'Autorità Garante del Trattamento dei dati personali circa il trattamento effettuato.

Per ogni altro aspetto non disciplinato dal presente bando, si fa rinvio al Disciplinare per il conferimento delle Borse di Studio dell'INFN che costituisce parte integrante del presente bando ed è disponibile sul sito: <https://jobs.dsi.infn.it/>

Roma, 7 aprile 2022

**ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**  
**II PRESIDENTE**  
**(Prof. Antonio Zoccoli)<sup>1</sup>**

RC/ADV

---

<sup>1</sup> Documento informatico firmato digitalmente ai sensi della legge 241/90 art. 15 c 2, del testo unico D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445, del D.Lgs. 7 marzo 2005, n. 82, e norme collegate, il quale sostituisce il testo cartaceo e la firma autografa

SCHEMA DI DOMANDA PER LA PARTECIPAZIONE AL CONCORSO

Al Direttore  
della Sezione di Lecce dell'INFN  
Via Arnesano,  
73100 Lecce

Oggetto: Bando n. 24316/2022 - 1 Borsa di studio per studenti universitari.

..... sottoscritt..... (nome) ..... (cognome) .....  
nat... a ..... Prov. .... il .....  
residente in ..... Prov. .... indirizzo.....  
.....  
codice fiscale .....  
studente in Fisica Sperimentale delle Interazioni Fondamentali  
presso l'Università di ..... fa domanda di essere ammesso/al  
concorso in oggetto, per usufruire di una borsa di studio presso la Sezione di Lecce dell'INFN.

A tal fine, ai sensi dell'art. 76 del D.P.R. 445/2000, le dichiarazioni mendaci, le falsità negli atti e l'uso di atti falsi sono puniti ai sensi del codice penale e delle leggi speciali in materia, dichiara sotto la propria responsabilità, ai sensi e per gli effetti delle disposizioni contenute negli artt. 46 e 47 del D.P.R. 445/2000 quanto segue:

- di essere in possesso della cittadinanza .....
- di non aver riportato condanne penali (in caso contrario precisare di quali condanne si tratti)
- di aver usufruito delle seguenti borse di studio (ovvero di non aver usufruito di borse di studio);
- che tutti gli allegati alla domanda di partecipazione al concorso, corrispondono a verità

.... sottoscritt..., dichiara altresì:

- di essere
- non essere parente

entro il quarto grado ovvero affine entro il secondo grado di un dipendente o associato con incarico di ricerca nella struttura presso la quale è aperta la selezione.

Allega la seguente documentazione:

.....  
.....  
.....

Desidera che tutte le comunicazioni riguardanti il concorso gli/le siano inviate al seguente indirizzo e-mail

.....

Data .....

Firma

.....

(firma per esteso e leggibile)

Allegato n. 2

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DI CERTIFICAZIONI  
(art. 46 D.P.R. 28.12.2000 n. 445)

Il/La sottoscritto/a \_\_\_\_\_  
nato/a a \_\_\_\_\_ prov. \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_  
residente in \_\_\_\_\_ via \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_  
consapevole della responsabilità penale in cui può incorrere in caso di falsità in atti e dichiarazioni mendaci (art. 76 D.P.R. 28.12.2000 n. 445)

D I C H I A R A

- di aver conseguito la laurea triennale in.....presso l'Università di.....  
con la seguente votazione.....

- di essere iscritto al corso di laurea in Fisica Sperimentale delle Interazioni Fondamentali  
che prevede un totale di .....CFU

presso l'Università di \_\_\_\_\_

- di aver sostenuto i seguenti esami di profitto:

(elencare tutti gli esami sostenuti)

\_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_ con votazione \_\_\_\_\_ CFU \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_ con votazione \_\_\_\_\_ CFU \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_ con votazione \_\_\_\_\_ CFU \_\_\_\_\_

In conformità a quanto disposto dall'art. 13 del Regolamento UE 2016/679, i dati personali richiesti saranno raccolti e trattati, anche con l'uso di strumenti informatici, esclusivamente per la gestione delle attività concorsuali e nel rispetto della disciplina legislativa e regolamentare dettata per lo svolgimento di tali attività.

Il conferimento dei dati è necessario per valutare i requisiti di partecipazione ed il possesso dei titoli e la loro mancata indicazione può precludere tale valutazione.

I dati sono conservati per il periodo necessario all'espletamento della procedura selettiva e successivamente trattenuti ai soli fini di archiviazione.

L'INFN garantisce ad ogni interessato l'accesso ai dati personali che lo riguardano, nonché la rettifica la cancellazione e la limitazione degli stessi ed il diritto di opporsi al loro trattamento; garantisce altresì il diritto di proporre reclamo all'Autorità Garante del Trattamento dei dati personali circa il trattamento effettuato.

Titolare del Trattamento: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: email: presidenza@presid.infn.it

Responsabile della Protezione dei Dati: email: dpo@infn.it

luogo e data

\_\_\_\_\_

Il/La dichiarante

\_\_\_\_\_  
(firma per esteso e leggibile)

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DI ATTO DI NOTORIETA'

(art. 47 D.P.R. 28.12.2000 n. 445)

.....sottoscritt.. \_\_\_\_\_

nato/a a \_\_\_\_\_ prov. \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_

residente in \_\_\_\_\_ via \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_

consapevole della responsabilità penale in cui può incorrere in caso di falsità in atti e dichiarazioni mendaci (art. 76 D.P.R. 28.12.2000 n. 445)

**D I C H I A R A**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

A titolo puramente esemplificativo si riportano alcune formule che possono essere trascritte nel facsimile della dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà:

- che la copia del certificato di iscrizione al corso di laurea in Fisica Sperimentale delle Interazioni Fondamentali presso l'Università di.....allegato alla domanda, composta di n. ....fogli, e conforme all'originale.
- che la copia del seguente titolo o documento o pubblicazione.....composta di n.....fogli e conforme all'originale.

In conformità a quanto disposto dall'art. 13 del Regolamento UE 2016/679, i dati personali richiesti saranno raccolti e trattati, anche con l'uso di strumenti informatici, esclusivamente per la gestione delle attività concorsuali e nel rispetto della disciplina legislativa e regolamentare dettata per lo svolgimento di tali attività.

Il conferimento dei dati è necessario per valutare i requisiti di partecipazione ed il possesso dei titoli e la loro mancata indicazione può precludere tale valutazione.

I dati sono conservati per il periodo necessario all'espletamento della procedura selettiva e successivamente trattenuti ai soli fini di archiviazione.

L'INFN garantisce ad ogni interessato l'accesso ai dati personali che lo riguardano, nonché la rettifica la cancellazione e la limitazione degli stessi ed il diritto di opporsi al loro trattamento; garantisce altresì il diritto di proporre reclamo all'Autorità Garante del Trattamento dei dati personali circa il trattamento effettuato.

Titolare del Trattamento: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: email: presidenza@presid.infn.it

Responsabile della Protezione dei Dati: email: dpo@infn.it

luogo e data

\_\_\_\_\_

Il/La dichiarante<sup>(1)</sup>

\_\_\_\_\_  
*(firma per esteso e leggibile)*

(1)Il/La dichiarante deve inviare la dichiarazione unitamente alla copia fotostatica del documento d'identità in corso di validità.

.....sottoscritt.. .....ai fini della partecipazione al bando di concorso n. 24316/2022 chiede, per problematiche tecniche, che la videoconferenza venga svolta presso la seguente Struttura INFN per la quale verrà emessa esplicita autorizzazione:

- Sezione di Bari
- Sezione di Bologna
- Sezione di Cagliari
- Sezione di Catania
- Sezione di Ferrara
- Sezione di Firenze
- Sezione di Genova
- Sezione di Milano
- Sezione di Milano Bicocca
- Sezione di Napoli
- Sezione di Padova
- Sezione di Pavia
- Sezione di Perugia
- Sezione di Pisa
- Sezione di Roma
- Sezione di Roma Tor Vergata
- Sezione di Roma Tre
- Sezione di Torino
- Sezione di Trieste
- Laboratori Nazionali di Frascati
- Laboratori Nazionali del Gran Sasso
- Laboratori Nazionali di Legnaro
- Laboratori Nazionali del Sud
- CNAF
- GGI
- TIFPA

Firma

---

(firma per esteso e leggibile)



1) Relatori: Edoardo Gorini/Margherita Primavera

Gruppo ricerca: ATLAS

Titolo: "Installazione e commissioning dei rivelatori Micromegas per l'upgrade delle regioni in avanti dello spettrometro dei muoni dell'esperimento ATLAS"

Descrizione:

Nel 2022 LHC inizierà a funzionare a 14 TeV con una luminosità attesa tra<sup>[11]</sup><sub>[SEP]</sub> 3 e  $5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , di gran lunga più alta di quella del progetto iniziale. A causa degli alti flussi di particelle attesi nelle regioni end-caps dello spettrometro a muoni dell'esperimento ATLAS, i rivelatori attualmente presenti in quelle regioni non sarebbero in grado di garantire *rates* di trigger tollerabili a soglie intermedie di momento trasverso e una ricostruzione efficiente. La Collaborazione ATLAS ha quindi deciso di sostituirli con nuovi rivelatori (New Small Wheel) che usano nuove tecnologie sia per il trigger (sTGC, small TGC) che per il tracciamento (micromegas). Il Gruppo ATLAS di Lecce collabora con altri gruppi italiani alla realizzazione delle camere micromegas e alla stesura del software di ricostruzione. Si propone una tesi magistrale nell'ambito di questa attività, legata alle fasi di installazione e messa a punto dei rivelatori sull'apparato.

2) Relatori: Edoardo Gorini/Margherita Primavera/Andrea Ventura

Gruppo ricerca: ATLAS

Titolo: "Ricerca della produzione elettrodebole di particelle supersimmetriche nei dati raccolti dall'esperimento ATLAS ad LHC con tecniche di 'Machine learning'"

Descrizione:

La Supersimmetria (SUSY) è ancora oggi considerata una delle teorie più accreditate nella ricerca di fisica oltre il Modello Standard (MS).

Le analisi condotte dalla collaborazione ATLAS e CMS hanno finora escluso l'esistenza di squarks e gluini, prodotti in interazioni forti, fino ad energie superiori al TeV, e ciò implica che la produzione di particelle SUSY mediante interazione elettrodebole potrebbe dominare ad LHC. Pertanto, rivestono un ruolo fondamentale le ricerche di produzione di chargini e sleptoni, i partners supersimmetrici dei leptoni. Finora queste particelle non sono state osservate, e le analisi pubblicate dalla collaborazione ATLAS durante il Run 2 (2015-2018) su dati corrispondenti ad una luminosità integrata di  $139 \text{ fb}^{-1}$  hanno permesso di migliorare notevolmente i limiti di esclusione al 95% di Confidence Level nella loro ricerca rispetto a quelli precedentemente posti, ma non hanno finora dimostrato sensibilità alla scoperta o all'esclusione di chargini e sleptoni in definite regioni nel piano delle masse chargino-neutralino e sleptone-neutralino. Tali regioni, dette "comprese" presentano cinematiche che rendono particolarmente complessa la discriminazione degli eventi di segnale dai fondi dominanti. Il Gruppo di Lecce lavora ormai da anni alla ricerca di SUSY in ATLAS, e si propone una tesi magistrale nell'ambito di questa attività, con la messa a punto di nuove tecniche di analisi basate su "Machine learning".

3) Relatori: Edoardo Gorini/Andrea Ventura

Gruppo ricerca: ATLAS

Titolo: "Studio delle prestazioni della selezione online di eventi con muoni all'esperimento ATLAS ad LHC"

Descrizione: Per poter sfruttare al massimo le potenzialità di scoperta di Nuova Fisica presso l'LHC (Large Hadron Collider) al CERN di Ginevra, l'esperimento ATLAS è stato progettato e costruito con un sofisticato sistema di selezione online (o "trigger") degli eventi caratterizzati da signature di

interesse, rilevanti per la misura di precisione delle caratteristiche del bosone di Higgs o per la scoperta di processi fisici oltre il Modello Standard. Dopo i primi due run di presa dati, il trigger di ATLAS è stato aggiornato e potenziato per la successiva fase (Run 3), previsto per un triennio a partire dal 2021, con l'obiettivo di raccogliere una statistica di  $3000 \text{ fb}^{-1}$ . Nel presente lavoro di tesi si propone di studiare le proprietà degli algoritmi software che costituiscono il trigger dei muoni di ATLAS e di misurarne la performance in vista del Run 3. Verranno utilizzati sia dati reali sia dati simulati, riportando i risultati a quelli ottenuti nei precedenti run e quantificandone l'impatto su analisi relative a processi di fisica di riferimento, come la produzione di nuove risonanze  $Z'/W'$  o i processi di supersimmetria con muoni nello stato finale.

4) Relatori: Gabriele Chiodini/Enrico Junior Schioppa/Stefania Spagnolo

Gruppo di ricerca: ATLAS

Titolo: "Assemblaggio di precisione e certificazione di qualità di moduli a pixel di silicio su supporti a fibra di carbonio per la fase di alta luminosità del Large Hadron Collider del CERN"

Descrizione:

L'Università del Salento e la sezione INFN di Lecce sono coinvolti nella realizzazione del nuovo rivelatore di vertice a pixel di Silicio di ATLAS la cui installazione è prevista nel 2025. Il compito principale del gruppo leccese è assemblare con precisione moduli a pixel di silicio delle dimensioni di circa  $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$  su supporti semi-anulari di fibra di carbonio di raggio variabile tra 15 e 30 cm, "half ring", e verificarne la completa funzionalità mediante sistemi di controllo (DCS) e di acquisizione dati (DAQ) simili a quelli dell'esperimento ATLAS. Nel corso del 2021 si prevede di mettere in funzione nella camera pulita (classe 10000) di Lecce il sistema robotico di movimentazione XYZ-Theta, corredato dei sistemi di deposizione automatica della colla, per le operazioni di pick-and-place dei moduli e di survey XYZ micrometrico.

Il sistema DAQ-DCS, integrato con il Database di produzione necessario per la certificazione di qualità dei rivelatori, verrà sviluppato a Lecce. Il lavoro di tesi proposto consiste nel farsi carico di uno dei diversi aspetti che vanno dalla costruzione e certificazione degli half-ring all'analisi finale dei dati raccolti.

5) Relatori: Gabriele Chiodini/Enrico Junior Schioppa/Stefania Spagnolo

Gruppo Ricerca: ATLAS

Titolo: "Ricerca di nuovi fenomeni nella produzione di coppie di bosoni vettori o coppie di bosoni di Higgs con i dati di ATLAS a LHC"

Descrizione:

La ricerca di fenomeni non previsti dal Modello Standard delle particelle a LHC motiva lo studio dettagliato delle proprietà di eventi in cui si osserva la produzione multipla di bosoni di gauge o di bosoni di Higgs. Ad esempio, una produzione anomala di coppie WW, WZ o ZZ potrebbe essere la manifestazione di varie estensioni del Modello Standard, come modelli con una struttura complessa del settore di Higgs, o con nuove interazioni forti, o con nuove dimensioni nascoste. La produzione di coppie di bosoni di Higgs, inoltre, rappresenta il processo più raro previsto dal Modello Standard e il più interessante nel programma a lungo termine degli esperimenti a LHC dato che esso permette di sondare la struttura inesplorata del potenziale di Higgs. Il nostro gruppo è impegnato dal 2015 nella ricerca di nuovi fenomeni in tali stati finali e, in particolare, ha contribuito ai risultati conseguiti nella ricerca di produzione risonante di un bosone Z, ricostruito mediante un decadimento in leptoni carichi, e un altro bosone di gauge, identificato attraverso un sistema adronico compatibile con un decadimento adronico di W o Z. Una nuova edizione dell'analisi dei dati acquisiti nel periodo 2015-2018 intende

raggiungere una maggiore sensibilità, con l'applicazione estensiva di tecniche di Machine Learning (ML) innovativo, e generalizzare gli scenari teorici messi a confronto con i dati. In questo contesto ci proponiamo di mettere a frutto una strategia, già introdotta in passato, basata su una Deep Neural Network (DNN) parametrica per la separazione degli eventi anomali da quelli dovuti a processi Standard Model. Lo sviluppo di queste tecniche è fondamentale per stabilire degli standard procedurali per l'uso di strumenti avanzati di ML al fine di uno scrutinio esaustivo dei dati di LHC dei prossimi anni. Tecniche dello stesso tipo sono inoltre applicabili ad aspetti di ottimizzazione della ricostruzione degli oggetti di fisica complessi (come jet da quark b, decadimenti di Z,W,H di alto impulso in coppie di adroni o di leptoni) che acquistano sempre maggiore importanza per le ricerche di nuova fisica a LHC.

Lo studente parteciperà alla definizione della strategia di analisi e al conseguimento dei risultati, assumendosi l'impegno di affrontare l'ottimizzazione di uno degli aspetti del processamento dei dati: identificazione di oggetti complessi, selezione degli eventi, implementazione di metodi di ML, interpretazione statistica dei dati sulla base dei modelli teorici.

6) Relatori: Franco Grancagnolo/Margherita Primavera

Gruppo ricerca: CremlinPlus

Titolo: "Definizione del progetto del tracciatore centrale per un rivelatore alla Super Charm-Tau Factory a Novosibirsk"

Descrizione:

CremlinPlus è un progetto finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del Programma Horizon 2020 e coinvolge come partners 10 istituzioni russe e 25 europee, tra cui l'INFN, con le sezioni di Lecce, Bari e Ferrara e i Laboratori nazionali di Frascati. Il Gruppo di Lecce lavora alla definizione del progetto del tracciatore centrale per un rivelatore alla futura Super Charm-Tau Factory a Novosibirsk, e alla realizzazione di un suo prototipo che possa essere utilizzato, dimostrando la validità delle nuove tecniche costruttive che si pensa di impiegare, come camera a deriva dell'esperimento CMD3 a Novosibirsk. Si propone una tesi magistrale nell'ambito di questa attività, e in particolare nella definizione del progetto operativo di questo rivelatore, nello studio di nuovi materiali per i fili della camera, nello sviluppo di algoritmi per il processamento del segnale su FPGA che consentano l'applicazione di tecniche di Particle Identification.

7) Relatore: Franco Grancagnolo/Marco Panareo

Gruppo ricerca: RD\_FCC

Titolo: "Definizione del progetto di una camera a deriva per il rivelatore IDEA al futuro acceleratore FCCee"

Descrizione:

La nuova strategia europea per la fisica delle particelle recentemente approvata dal Council del CERN prevede che il prossimo acceleratore di nuova generazione ad essere realizzato con più alta priorità sia un Collider circolare e+e- (FCCee), destinato allo studio di precisione sull'Higgs. La comunità dei fisici delle alte energie agli acceleratori si sta dunque coagulando intorno ad un progetto preliminare di rivelatore per un esperimento a FCCee, "IDEA", che prevede la presenza di una camera a deriva come tracciatore.

La messa a punto del progetto della camera prevede lo sviluppo di software di simulazione e algoritmi di ricostruzione, utilizzando specifici processi fisici come benchmark. Si propone una tesi magistrale nell'ambito di questa attività, rivolta in particolare, per esempio, all'utilizzo di GEANT4 e del filtro di Kalman.

8) Relatori: Marco Panareo/Franco Grancagnolo

Gruppo ricerca: MEG

Titolo: “Costruzione di una nuova camera a drift per l’esperimento MEG II presso il PSI”

Descrizione:

Questo progetto di ricerca riguarda lo sviluppo di una camera a drift a fili con bassa lunghezza di radiazione, per la minimizzazione del multiple scattering, ma con elevata risoluzione spaziale ed efficienza per la ricostruzione di positroni di momento 52.8 MeV/c, provenienti dal decadimento  $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ . L’identificazione di tale decadimento proverebbe la violazione del sapore leptonico, conservato nel modello Standard, la cui violazione è stata già provata nelle oscillazioni dei neutrini, ma ancora non osservato per le particelle cariche. L’esperimento MEG del PSI di Zurigo vuole migliorare la sensibilità del limite superiore della misura del rapporto decadimento  $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$  di circa un ordine di grandezza, grazie all’upgrade dell’esperimento. L’attuale camera a drift, costruita per questo upgrade, pur provando l’efficacia del suo disegno, presenta delle criticità che mettono in dubbio la possibilità che possa operare stabilmente per tutta la durata dell’esperimento; pertanto si ritiene opportuno realizzare una nuova camera a drift, ancora basata sul progetto originale, ma realizzata adoperando tecnologie tali da superare queste criticità.

9) Relatori: P. Bernardini, A. Surdo

Gruppo di Ricerca: DAMPE

Titolo “Analisi elementale del flusso di raggi cosmici”

Descrizione

Il rivelatore DAMPE, montato su satellite, è frutto di una collaborazione internazionale (Cina, Italia, Svizzera) ed è in orbita dalla fine del 2015. In questi anni ha raccolto una gran quantità di dati sul flusso dei raggi cosmici, misurando la carica e l’energia di queste particelle che raggiungono il pianeta dallo spazio esterno. I raggi cosmici si distinguono in primari (direttamente prodotti negli acceleratori cosmici) e secondari (prodotti dall’interazione dei primari col mezzo interstellare). Il rapporto secondari/primari è di particolare interesse perché rimanda ai meccanismi di propagazione dei raggi cosmici nella galassia.

Si propone di analizzare i dati raccolti da DAMPE al fine di misurare tali rapporti (ad esempio boro/carbonio).

10) Relatori: F. de Palma, A. Surdo

Gruppo di Ricerca: HERD

Titolo “Simulazione delle prestazioni di HERD, un nuovo rivelatore per raggi cosmici”

Descrizione

HERD (High Energy cosmic-Radiation Detection) è il progetto di un nuovo rivelatore da installare sulla Stazione Spaziale Cinese (CSS) attualmente in fase di costruzione e che sarà operativa in orbita intorno alla Terra a partire dal 2025. L’esperimento avrà come scopo principale la misura diretta del flusso dei raggi cosmici e della loro distribuzione in energia (“spettro energetico”) fino ad alcuni PeV/nucleo, un’energia dunque finora mai esplorata da un rivelatore nello spazio. HERD studierà inoltre i fotoni di alta energia (radiazione gamma) emessi da sorgenti cosmiche e nei cosiddetti “gamma-ray bursts”. Componenti fondamentali del telescopio saranno: un calorimetro a cristalli per la misura dell’energia delle particelle cariche e neutre, vari piani di rivelatori di silicio per la ricostruzione della traccia delle particelle cariche e la misura della carica, alcuni piani di scintillatore plastico per la distinzione dalle

particelle cariche dai fotoni e la misura del loro tempo di arrivo allo scopo di rigettare il fondo dovuto alle particelle diffuse all'indietro (il cosiddetto "back-splash").

Si propone lo studio, mediante simulazioni Monte Carlo basate sul programma *HerdSoftware*, della risposta dei diversi sotto-sistemi, in particolare degli scintillatori plastici, al fine di massimizzare la reiezione degli eventi di "back-splash" e definire la configurazione ottimale di tutto il rivelatore.

11) Relatori: F. de Palma, A. Surdo

Gruppo di Ricerca: HERD

Titolo "Caratterizzazione dei dispositivi di lettura di HERD, un nuovo rivelatore per i raggi cosmici"

Descrizione

HERD (High Energy cosmic-Radiation Detection) è il progetto di un nuovo rivelatore da installare sulla Stazione Spaziale Cinese (CSS) attualmente in fase di costruzione e che sarà operativa in orbita intorno alla Terra a partire dal 2025. L'esperimento avrà come scopo principale la misura diretta del flusso dei raggi cosmici e della loro distribuzione in energia ("spettro energetico") fino ad alcuni PeV/nucleo, un'energia dunque finora mai esplorata da un rivelatore nello spazio. HERD studierà inoltre i fotoni di alta energia (radiazione gamma) emessi da sorgenti cosmiche e nei cosiddetti "gamma-ray bursts". Componenti fondamentali del telescopio saranno: un calorimetro a cristalli per la misura dell'energia delle particelle cariche e neutre, vari piani di rivelatori di silicio per la ricostruzione della traccia delle particelle cariche e la misura della carica, alcuni piani di scintillatore plastico per la distinzione dalle particelle cariche dai fotoni e la misura del loro tempo di arrivo allo scopo di rigettare il fondo dovuto alle particelle diffuse all'indietro (il cosiddetto "back-splash"). Due opzioni sono allo studio per lo scintillatore plastico, a forma di barrette o di mattonelle: sarà scelta la segmentazione più efficace nella reiezione del fondo. In entrambi i casi, la lettura dei segnali di scintillazione sarà effettuata per mezzo di dispositivi a semiconduttore, i SiPM.

Come lavoro di tesi, si propone un'attività di laboratorio volta sia ad individuare e caratterizzare i dispositivi di lettura più adatti sia a studiare la loro configurazione ottimale allo scopo di garantire un'adeguata raccolta di luce nel caso della geometria a barre.

12) Relatori: P. Bernardini, M. Panareo

Gruppo di Ricerca: NU@FNAL

Titolo "Utilizzo di SiPM per la lettura del calorimetro di SAND"

Descrizione

L'esperimento DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment), studia il fenomeno dell'oscillazione dei neutrini adoperando il fascio di neutrini più intenso al mondo, prodotto presso il Fermi National Accelerator Laboratory di Batavia (Illinois, USA), attraverso due rivelatori, uno prossimo alla sorgente (near detector), e uno più esteso (far detector) situato a 1300 km di distanza, presso il Sanford Underground Research Laboratory a Lead (South Dakota, USA). Una componente del near detector è il rivelatore SAND (System for on-Axis Neutrino Detection), il cui scopo è il monitor del fascio di neutrini. La misura delle caratteristiche energetiche e temporali dei neutrini sarà svolta dal calorimetro a fibre scintillanti dell'esperimento KLOE. L'obiettivo della ricerca è valutare l'opportunità, in termini di performance e costi, di sostituire i fotomoltiplicatori (PMT) già usati per la lettura delle fibre scintillanti del calorimetro, con dei più moderni rivelatori al silicio (SiPM).

13) Relatori: P. Bernardini, A. Surdo

Gruppo di Ricerca: NU@FNAL

Titolo "Simulazione e analisi degli eventi da neutrino in SAND"

Descrizione

L'esperimento DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment), studia il fenomeno dell'oscillazione dei neutrini adoperando il fascio di neutrini più intenso al mondo, prodotto presso il Fermi National Accelerator Laboratory di Batavia (Illinois, USA), attraverso due rivelatori, uno prossimo alla sorgente (near detector), e uno più esteso (far detector) situato a 1300 km di distanza, presso il Sanford Underground Research Laboratory a Lead (South Dakota, USA). Una componente del near detector è il rivelatore SAND (System for on-Axis Neutrino Detection), il cui scopo principale è il monitor del fascio di neutrini. Esso sarà costituito dal calorimetro a fibre scintillanti dell'esperimento KLOE, al cui interno sarà alloggiato un bersaglio attivo di argon liquido più un tracciatore, il tutto immerso nel campo magnetico solenoidale generato da un magnete superconduttore.

Si propone di sviluppare gli algoritmi per la ricostruzione completa e lo studio degli eventi da neutrino in SAND, simulati per mezzo dei generatori di interazione dei neutrini maggiormente usati, quali *Genie* e *Fluka*.

14) Relatori: A. Nucita, F. Strafella

Gruppo di Ricerca: EUCLID

Titolo "Studio delle caratteristiche delle galassie a bassa brillantezza superficiale e simulazione nelle immagini Euclid VIS"

Descrizione

La camera Visible Imager (VIS) del satellite Euclid potrà osservare sino a  $10^5$  galassie nane e di bassa luminosità superficiale.

Con il fine di adattare i codici di ricerca di sorgenti su immagini astronomiche, si dovranno studiare le caratteristiche peculiari delle galassie di bassa luminosità (Faint Galaxies -FD- e UFD -Ultra Faint Galaxies) e simulare delle immagini realistiche.

15) Relatori: A. Nucita, F. De Paolis

Gruppo di Ricerca: EUCLID

Titolo "Studio di un campione di variabili cataclismiche osservate tramite XMM-Newton e analisi spettrale e temporale"

Descrizione

Le variabili cataclismiche (CV) di tipo intermedio (IP) sono dei sistemi binari caratterizzati da una nana bianca moderatamente magnetica che accresce la materia da una stella normale.

L'accrescimento avviene tramite un disco troncato e una serie di getti balistici che cadono sui poli della nana bianca. Ad oggi, solo un numero ristretto di CV sono riconosciute come appartenenti alla classe delle IP. L'appartenenza alla classe IP può essere fatta attraverso un'accurata analisi spettrale e temporale dei dati acquisiti dal satellite XMM-Newton.

16) Relatori: D. Martello, M.R. Coluccia

Gruppo di Ricerca: Auger

Titolo "Analisi dei primi dati dei rivelatori AugerPrime"

## Descrizione

I raggi cosmici sono le particelle più energetiche dell'universo, possono infatti raggiungere energie di oltre  $10^{20}$  eV (~10 Joule!).

Nonostante la loro scoperta sia avvenuta un centinaio di anni fa, la fisica dei raggi cosmici conserva ancora oggi degli aspetti misteriosi. Ad esempio, non è ancora noto quali siano le sorgenti che, da qualche parte nell'universo, sono capaci di accelerare particelle fino a energie così alte. Negli ultimi vent'anni, grazie alla costruzione in particolare dell'Osservatorio Pierre Auger, in Argentina, nuove informazioni sono accessibili e molti risultati importanti sono stati raggiunti. Grazie al potenziamento di Auger, AugerPrime, la ricerca migliorerà ulteriormente, portando a una maggiore comprensione dei meccanismi di accelerazione dei raggi cosmici di altissima energia e, possibilmente, della loro composizione. In questo lavoro di tesi si approfondiranno i metodi sviluppati per la ricostruzione degli sciami con i rivelatori AugerPrime e si analizzeranno i primi dati acquisiti.

17) Relatori: F.de Palma, G.Cataldi

Gruppo di Ricerca: Auger

Titolo "Studio preliminare della composizione di massa usando i dati dei rivelatori AugerPrime."

## Descrizione

I raggi cosmici sono le particelle più energetiche dell'universo, possono infatti raggiungere energie di oltre  $10^{20}$  eV (~10 Joule!). Nonostante la loro scoperta sia avvenuta un centinaio di anni fa, la fisica dei raggi cosmici conserva ancora oggi degli aspetti misteriosi. Conoscere la composizione di massa di queste particelle al loro ingresso nell'atmosfera è di importanza cruciale. Negli ultimi vent'anni, grazie alla costruzione in particolare dell'Osservatorio Pierre Auger, in Argentina, molte più informazioni sono accessibili e molti risultati importanti sono stati raggiunti. Grazie al potenziamento di Auger, AugerPrime, la ricerca migliorerà ulteriormente, portando a una maggiore comprensione dei meccanismi di accelerazione dei raggi cosmici di altissima energia e, possibilmente, della loro composizione.

In questo lavoro di tesi, a partire da un campione dati Auger contenente la misura di osservabili indicativi della composizione di massa, si analizzeranno i primi campioni di dati AugerPrime allo scopo di individuare le possibili correlazioni tra le informazioni fornite da varie parti del rivelatore atte a migliorare la comprensione della composizione di massa.

18) Relatori: D.Martello, F. de Palma

Gruppo di Ricerca: Auger

Titolo "Ricostruzione degli eventi UHECR tramite il campionamento di distribuzioni laterali con rivelatori multipli di superficie nell'osservatorio Pierre Auger."

## Descrizione

L'Osservatorio Pierre Auger è oggi il più grande esperimento dedicato alla misura dei raggi cosmici di altissima energia. Si estende per circa  $3000 \text{ km}^2$  nella Pampa Argentina (Pampa Amarilla) ed impiega una tecnica ibrida per la rivelazione degli sciami. Il rivelatore di Fluorescenza usa i telescopi per misurare il profilo longitudinale degli sciami durante il loro sviluppo in atmosfera. Il rivelatore di Superficie misura l'impronta dello sciame a terra campionando l'estensione laterale delle particelle con dei rivelatori Cherenkov ad acqua. La dipendenza dei segnali campionati dalla distanza dell'asse dello sciame, misurata nel piano di rivelazione è espressa tramite la funzione di distribuzione laterale. L'Osservatorio sta attualmente subendo un potenziamento su larga scala aggiungendo rivelatori a scintillazione sopra ai rivelatori Cherenkov ad acqua esistenti.

Il concetto di base sull'uso combinato di rivelatori a scintillazione e Cherenkov è quello di sfruttare le diverse risposte alle componenti elettromagnetiche e muoniche dello sciame.

Scopo di questo lavoro di tesi è quello di studiare le distribuzioni laterali dei nuovi rivelatori a scintillazione per migliorare la ricostruzione delle varie componenti del segnale.

19) Relatori: L. Perrone, G. Cataldi

Gruppo di Ricerca: Auger

Titolo “Misura dello spettro energetico dei raggi cosmici di altissima energia con i dati dell’osservatorio Pierre Auger”

Descrizione

I raggi cosmici sono particelle che raggiungono energie fino a  $10^{20}$  eV, le più alte mai misurate nell’Universo. L’origine di queste particelle è ancora un affascinante mistero che inseguiamo da oltre un secolo, anche se i progressi recenti hanno permesso di aggiungere moltissimi tasselli al puzzle della comprensione della loro origine. Il flusso dei raggi cosmici a queste energie è estremamente basso. Meno di una particella per secolo arriva su una superficie di  $1 \text{ km}^2$ . Per raccogliere un numero significativo di eventi, è quindi necessario che i rivelatori siano posizionati su superfici molto estese. L’Osservatorio Pierre Auger è il più grande rivelatore di raggi cosmici al mondo. Si estende su una superficie di circa  $3000 \text{ km}^2$  e sfrutta una tecnica di rivelazione ibrida: una griglia di rivelatori Cherenkov ad acqua posizionati a distanza di 1.5 km uno dall’altro è affiancata da 27 telescopi di fluorescenza. La combinazione delle due tecniche di misura permette una determinazione molto accurata della direzione di provenienza e dell’energia delle particelle.

Scopo di questo lavoro di tesi è la misura dello spettro energetico dei raggi cosmici di altissima energia per energie superiori a 18 eV, il confronto con le misure disponibili nello stesso range e lo studio delle possibili implicazioni astrofisiche.

20) Relatori: L. Perrone. A. Nucita

Gruppo di Ricerca: Auger

Titolo “Ricerca di fotoni primari nei dati dell’osservatorio Pierre Auger”

Descrizione

La scoperta delle onde gravitazionali ha definitivamente inaugurato l’era dell’astronomia multimessenger. L’Osservatorio Pierre Auger è pienamente inserito in questo contesto. Informazioni fondamentali relativamente all’origine e alla natura delle sorgenti astrofisiche possono infatti provenire anche da particelle neutre, come fotoni e neutrini, particolarmente privilegiati in quanto tracciatori diretti delle potenziali sorgenti. Ma anche banco di prova di possibili altri scenari di fisica esotica, oltre i modelli astrofisici attualmente conosciuti.

Scopo di questa tesi è la ricerca di fotoni primari in un range di energia superiore a  $10^{17.5}$  eV, sfruttando il rivelatore di fluorescenza e quello di superficie dell’osservatorio Pierre Auger, con particolare attenzione allo sviluppo di tecniche di analisi innovative che permettano di innalzare la capacità di separare il segnale ricercato (fotoni primari) dal fondo atteso (raggi cosmici adronici).ù



21) Relatori: L. Perrone, G. Mancarella

Gruppo di Ricerca: Auger

Titolo “Ricerca di neutrini primari nei dati dell’osservatorio Pierre Auger”

Descrizione

La scoperta delle onde gravitazionali ha definitivamente inaugurato l’era dell’astronomia multimessenger. L’Osservatorio Pierre Auger è pienamente inserito in questo contesto. Informazioni fondamentali relativamente all’origine e alla natura delle sorgenti astrofisiche possono infatti provenire anche da particelle neutre, come fotoni e neutrini, particolarmente privilegiati in quanto tracciatori diretti delle potenziali sorgenti. Ma anche banco di prova di possibili altri scenari di fisica esotica, oltre i modelli astrofisici attualmente conosciuti.

Scopo di questa tesi è la ricerca di neutrini primari nei dati osservati dal rivelatore di fluorescenza in un range di energie superiore di  $10^{17.5}$  eV per eventi con direzione di arrivo rivolta dal basso verso l’alto (ben distinguibili dal fondo di raggi cosmici ordinari). Sono particolarmente interessanti i casi di eventi quasi orizzontali dove ci aspetta il segnale più significativo ma per i quali gli algoritmi di ricostruzione e di selezione devono essere ottimizzati.