

# **IFAE 2023 - Incontri di Fisica delle Alte Energie, Catania, 12-14 Aprile 2023**

Wednesday, 12 April 2023 - Friday, 14 April 2023

Catania



## **Book of Abstracts**



# Contents

L'esperimento LEGEND per la ricerca del neutrino di Majorana . . . . .	1
Risultati e prospettive degli esperimenti CUORE e CUPID . . . . .	1
Stato attuale e prospettive di fisica dell'esperimento JUNO . . . . .	2
L'esperimento ENUBET e la sua implementazione al CERN . . . . .	2
Primi risultati dell'esperimento XENONnT . . . . .	2
Da KATRIN a TRISTAN: massa del neutrino e neutrini sterili . . . . .	3
Il rivelatore interferometrico di onde gravitazionali Virgo: stato e prospettive future . . . . .	3
Einstein Telescope: scienza e tecnologia del futuro osservatorio Europeo di onde gravitazionali . . . . .	4
Il progetto KM3NET: status e prospettive future . . . . .	4
AMS-02 sulla Stazione Spaziale Internazionale: risultati dopo 11 anni di volo . . . . .	5
Misura dell'evoluzione temporale del flusso di protoni e nuclei d'elio con l'esperimento AMS-02 . . . . .	5
La scienza di Fermi-LAT . . . . .	5
Un nuovo approccio per lo studio dei decadimenti inclusivi del B su reticolo . . . . .	6
Il momento di dipolo magnetico del leptone tau a futuri collisori leptonici . . . . .	6
Nuovi risultati teorici nei decadimenti del Bc . . . . .	7
Il fascino intrinseco del protone . . . . .	7
Stati a pentaquark a LHCb . . . . .	8
Studio di processi di produzione centrale ed esclusiva mediante collisioni pp ad energia $\sqrt{s}=13$ TeV con l'esperimento CMS . . . . .	8
Impatto del MIP timing detector sulla fisica di CMS per HL-LHC . . . . .	8
Risultati recenti di VBS e VBF con gli esperimenti ATLAS e CMS . . . . .	9
Benchmark di un nuovo modello di analisi per la fase-2 di CMS su risorse INFN . . . . .	9

Ricerca di decadimenti rari del bosone di Higgs in un mesone $J\psi$ , $\psi(2S)$ o $Upsilon(nS)$ e un fotone . . . . .	10
Fisica Elettrodebole nella regione in avanti con LHCb . . . . .	10
Produzione di (anti)nuclei leggeri con l'esperimento ALICE a LHC . . . . .	11
Misura della produzione di mesoni $\eta$ in avanti con il rivelatore LHCf-ARM2 ad LHC . . . . .	11
Caratterizzazione dei Gas Pixel Detectors della missione IXPE tramite l'X-ray Calibration Facility . . . . .	11
La fisica delle astroparticelle nell'ambito dell'Osservatorio Pierre Auger : principali risultati e prospettive future . . . . .	12
Stato delle ricerche di violazione di CP nei decadimenti degli adroni beauty ad LHCb . . . . .	12
Decadimenti rari e veramente rari di adroni ad LHCb . . . . .	13
La fisica di BESIII: risultati recenti e prospettive future . . . . .	13
Risultati recenti nella fisica del sapore a Belle II . . . . .	14
Risultati recenti nel settore oscuro ed in decadimenti del tau a Belle II . . . . .	14
La misura di precisione del $g-2$ del muone . . . . .	14
Ultimi risultati e misure di precisione dell'esperimento NA62 . . . . .	15
High Intensity Kaon Experiment (HIKE) all'SPS del CERN . . . . .	15
Momenti di dipolo elettromagnetici di barioni con stranezza e charm a LHC . . . . .	15
Misure di oscillazione e violazione di CP nei decadimenti $D^0 \rightarrow h^+h^-$ a LHCb . . . . .	16
La missione spaziale DAMPE . . . . .	16
L'esperimento GAPS per l'indagine della materia oscura . . . . .	17
Il primo anno della missione IXPE . . . . .	17
Ricerca della violazione di CP nelle interazioni del bosone di Higgs con i bosoni vettori . . . . .	18
Studi di produzione di coppie di bosoni di Higgs con gli esperimenti ATLAS e CMS a LHC . . . . .	18
Misura della sezione d'urto $t\bar{t}$ , della sezione d'urto del bosone Z e del rapporto tra i due processi di produzione utilizzando i primi dati raccolti all'energia del centro di massa di 13.6 TeV con il rivelatore ATLAS. . . . .	19
Ricerca di particelle a lunga vita media in collisioni p-p a 13 TeV con l'esperimento ATLAS . . . . .	19
Misura del processo Drell-Yan ad alta massa nel canale con decadimento semileptonico del tau e ricerca di leptoquark a $\sqrt{s}=13$ TeV con l'esperimento ATLAS . . . . .	19
Ricerca di anomalie in eventi completamente adronici prodotti all'LHC nell'esperimento ATLAS mediante l'utilizzo di Reti Neurali a grafo (GNN) . . . . .	20

Comunicare la scienza: L'attività outreach della Collaborazione ATLAS . . . . .	20
Ricerca di higgsini supersimmetrici in scenari di massa compressi con tracce soft displaced tramite il rivelatore ATLAS . . . . .	21
Prospettive di scoperta dello squark top nell'Esperimento ATLAS ad HL-LHC . . . . .	21
Ricerca di anomalie come nuove risonanze che decadono in un bosone di Higgs ed un generico bosone X in stati completamente adronici in collisioni p-p a 13 TeV con l'esperimento ATLAS . . . . .	21
Prima misura della sezione d'urto del processo single top nel canale t in collisioni p-p ad un'energia di 5 TeV in ATLAS . . . . .	22
Identificazione di un bosone di Higgs altamente energetico che decadono in una coppia $b\bar{b}$ / $c\bar{c}$ mediante l'utilizzo di tecniche avanzate di Machine Learning con l'esperimento ATLAS . . . . .	22
Studi di trigger per la ricerca di coppie di Higgs nel canale $b\bar{b}\tau\tau$ in ATLAS con i dati del Run 3 . . . . .	23
Ricerca del decadimento del bosone di Higgs in quark charmati a CMS e sviluppi futuri . . . . .	23
Algoritmi di ricostruzione su architetture eterogenee all'esperimento CMS . . . . .	24
40MHz scouting per il trigger di livello 1 di CMS . . . . .	24
Autoencoders per il data quality monitoring per lumi-section dell'esperimento CMS . . . . .	24
Design e prestazioni dell'elettronica di Fase 2 del calorimetro elettromagnetico di CMS . . . . .	25
Misura della massa del bosone di Higgs in $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4L$ . . . . .	25
Cherenkov Telescope Array, il più grande osservatorio di raggi gamma mai concepito . . . . .	26
Fisica dell'angolo $\theta$ nella QCD a 2 colori: carica barionica fissa e dinamica quasi conforme . . . . .	26
Testare il Modello Standard a alta energia: l'angolo di mixing debole . . . . .	27
Studio della sensibilità di processi di produzione tribosonica ad operatori EFT di dimensione 6 ad LHC . . . . .	27
Searching X17 at PADME . . . . .	28
Violazione del sapore e del numero leptonico nei decadimenti degli adroni B a LHCb . . . . .	28
Prova di principio per la misura del momento di dipolo di particelle a breve vita media a LHC . . . . .	28
Studio del decadimento $\Lambda_0 b \rightarrow D_0 p K^-$ per una misura di violazione di CP e per determinare l'angolo $\gamma$ della matrice CKM . . . . .	29
Stato dell'esperimento MUonE . . . . .	29
A data-driven method for antiproton background measurement in Mu2E . . . . .	30
La fisica del Charm a CMS . . . . .	30

Il programma CSES-Limadou: i risultati della prima missione e stato di avanzamento di HEPD-02 . . . . .	31
Rivelatori a tripla GEM per l'upgrade del sistema a muoni dell'esperimento CMS . . . . .	31
Stato della produzione delle camere GEM per l'esperimento CMS al Large Hadron Collider . . . . .	32
Upgrade del Tracker per la fase ad alta luminosità dell'esperimento CMS a LHC . . . . .	32
Caratterizzazione dei rivelatori a pixel ultra-resistenti alle radiazioni per la fase ad alta luminosità dell'esperimento CMS a LHC . . . . .	33
Risultati della produzione della pre-serie e dei test di QA/QC sui pannelli di readout del nuovo layer delle camere di trigger per l'upgrade di fase 2 dello spettrometro per muoni di ATLAS . . . . .	33
Qualifica di moduli a pixel per ITk con chip di readout ITkPixV1 e i primi sensori 3D di pre-produzione di FBK . . . . .	33
Risultati sul primo sistema di test multi-modulo per l'Endcap del rivelatore ATLAS ITk Pixel . . . . .	34
Sviluppo del firmware della scheda Sector Logic del Barrel dello Spettrometro Muonico dell'esperimento ATLAS per High-Luminosity LHC . . . . .	34
Sulla strada per il Run III di LHC - Le prestazioni della New Small Wheel . . . . .	35
Assemblaggio automatizzato del rivelatore ATLAS ITK PIXEL mediante tecnica Pick&Place per HL-LHC . . . . .	35
Raffreddamento a CO <sub>2</sub> per l'endcap del rivelatore pixel di ITk dell'esperimento ATLAS . . . . .	36
eXTP (enhanced X-ray Timing and Polarimetry mission): obiettivi scientifici e sensori . . . . .	36
Intelligenza artificiale quantistica per l'analisi dati di LHCb . . . . .	37
Fenomenologia della località relativa trasversa in gravità quantistica con telescopi multi-satellitari . . . . .	37
Fenomenologia delle relazioni di dispersione modificate in gravità quantistica attraverso osservazioni di gamma ray bursts . . . . .	37
Analisi degli effetti di gravità non-locale a scala di ammassi di galassie . . . . .	38
Strangelets come materia oscura: impatto sull'evoluzione stellare . . . . .	38
Studio di rinculi nucleari a bassa energia in una TPC ad Argon Liquido con l'esperimento Recoil Directionality (ReD) . . . . .	39
Rivelazione dei neutrini da esplosioni stellari in JUNO . . . . .	39
Il photon detection system dell'esperimento DUNE . . . . .	40
Simulazione e algoritmi di ricostruzione per il rivelatore IDEA . . . . .	40
Sistemi criogenici per il raffreddamento dei payload di Einstein Telescope . . . . .	40

Lunar Gravitational Wave Antenna . . . . .	41
Progettazione di un calorimetro adronico con MPGD per collisori futuri . . . . .	41
Cluster Counting e Timing: una tecnica per ridurre la quantità di dati trasferiti dalle camere di deriva e migliorare le prestazioni spaziali e PID . . . . .	42
Il rivelatore IDEA per FCC-ee . . . . .	42
Progettazione meccanica della regione di interazione del Future Circular Collider e+ e- . . . . .	43
Inferenza su FPGA di algoritmi di trigger basati su Deep Neural Network per la selezione di particelle a lunga vita media ai Colliders . . . . .	43
Un nuovo rivelatore per monitorare lo scioglimento dei ghiacciai tramite tomografia a muoni . . . . .	44
Progettazione e prestazione dei moduli ATLAS ITk Pixel . . . . .	44
Machine Learning e Polarimetria X: un nuovo algoritmo per la ricostruzione delle tracce nei Gas Pixel Detector . . . . .	45
Neutrini da supernova con l'esperimento RES-NOVA . . . . .	45
Il rivelatore di muoni dell'esperimento LHCb ad Upgrade II . . . . .	46
Sviluppo di un timing layer basato su MCP per l'Upgrade 2 del calorimetro elettromagnetico di LHCb . . . . .	46
ITS3: un innovativo tracciatore di silicio ultrasottile e flessibile per l'Esperimento ALICE . . . . .	46
Studio di rivelatori al silicio avanzati per l'esperimento ALICE 3 nel Run 5 e 6 di LHC . . . . .	47
L'esperimento CYGNO, un rivelatore direzionale con lettura ottica per la ricerca di Materia Oscura . . . . .	48
A 64-channel ASIC for full waveform sampling with 200 MS/s for space-based cosmic-particles applications . . . . .	48
Ricerca di dark photon e dark Higgs boson con l'esperimento Belle II . . . . .	49
DarkSide-20k: ricerca di materia oscura in un esperimento a fondo zero . . . . .	49
Ricerca di X17 a PADME . . . . .	49
Le anomalie ATOMKI dopo la misura del Carbonio e il bosone X17 . . . . .	50
Saluti Autorità . . . . .	50
Collider physics: LHC prospects and beyond . . . . .	50
Einstein Telescope: il futuro osservatorio europeo di onde gravitazionali . . . . .	50
Direct Detection of Dark Matter . . . . .	50
I progetti futuri dell'INFN: il PNRR, le grandi infrastrutture, la visione della strategia europea per la fisica delle particelle . . . . .	51

L'High Energy cosmic Radiation Detector . . . . .	51
Premiazione e chiusura . . . . .	51



## Astroparticelle e Cosmologia / 2

### L'esperimento LEGEND per la ricerca del neutrino di Majorana

**Author:** Sofia Calgari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** sofia.calgari@studenti.unipd.it

La ricerca del doppio decadimento beta senza neutrini ( $0\nu\beta\beta$ ), processo non permesso dal Modello Standard, è considerata la via più promettente per dimostrare la natura di particella di Majorana del neutrino. Allo stesso tempo, lo studio del decadimento fornisce importanti informazioni circa la gerarchia e la scala delle masse dei neutrini, e la sua rivelazione sarebbe di fondamentale importanza per le teorie che cercano di spiegare l'assimetria tra materia ed antimateria osservata nell'Universo attuale. L'esperimento LEGEND (Large Enriched Germanium Detector for Neutrinoless  $\beta\beta$  Decay) punta alla rivelazione del decadimento  $0\nu\beta\beta$  dell'isotopo  $^{76}\text{Ge}$ . La sensibilità attesa sul tempo di dimezzamento del processo ricercato arriverà a superare i  $10^{28}$  anni. Infatti, unendo gli sforzi dei precedenti esperimenti GERDA e MAJORANA DEMONSTRATOR, il progetto LEGEND procederà in due fasi. Nella prima fase, 200 kg di rivelatori al germanio arricchiti in  $^{76}\text{Ge}$  saranno introdotti nella già esistente infrastruttura di GERDA collocata ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) in Italia. Con un'esposizione prevista di 1 t·anno e un livello di eventi di fondo pari a 0.5 conteggi/(FWHM·t·anno), LEGEND-200 raggiungerà una sensibilità sul tempo di dimezzamento del decadimento di  $10^{27}$  anni (90% CL). Nella seconda fase, verrà quindi impiegata 1 tonnellata di rivelatori al germanio immersi nudi entro un criostato riempito di argon liquido ultrapuro. Con un'esposizione di 10 t·anno ed un livello di eventi di fondo pari a 0.025 conteggi/(FWHM·t·anno), LEGEND-1000 raggiungerà una sensibilità di scoperta pari a  $3\sigma$  di  $1.3 \times 10^{28}$  anni, migliorando il risultato finale di GERDA di un fattore 100. In questo contributo, verrà quindi fornita una panoramica del progetto LEGEND e dello stato attuale della sua prima fase, LEGEND-200.

## Astroparticelle e Cosmologia / 3

### Risultati e prospettive degli esperimenti CUORE e CUPID

**Corresponding Author:** m.girola2@campus.unimib.it

CUORE è un esperimento per la ricerca di eventi rari che ha aperto l'era dei calorimetri criogenici sulla scala della tonnellata, dimostrando la fattibilità di esperimenti di questa scala basati su rivelatori a basse temperature. Il rivelatore è attualmente in presa dati presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) ed è costituito da un insieme di 988 cristalli di  $\text{TeO}_2$  operanti a temperature criogeniche ( $\sim 10$  mK) letti con termistori NTD. L'esperimento ha come scopo principale la ricerca del doppio decadimento beta senza emissione di neutrini ( $0\nu\beta\beta$ ) del  $^{130}\text{Te}$ . Qualora venisse osservato, questo decadimento implicherebbe che il neutrino sia un fermione di Majorana. I dati raccolti nel periodo 2017 - 2020 forniscono un'esposizione di  $\text{TeO}_2$  di 1 ton·yr e hanno consentito di effettuare la misura più precisa attualmente esistente sul  $0\nu\beta\beta$  del  $^{130}\text{Te}$  ponendo un limite sul tempo di dimezzamento

pari a  $T_{1/2} > 2.2 \times 10^{25}$  yr. L'analisi dei dati ad oggi raccolti è attualmente in corso e consentirà di  $0\nu$  aggiornare il limite sul tempo di dimezzamento per un'esposizione totale di  $\text{TeO}_2$  di 2 ton·yr. Le potenzialità dimostrate da CUORE sono un forte incentivo per lo sviluppo di esperimenti di prossima generazione basati sull'utilizzo di calorimetri criogenici per la ricerca di eventi rari e in particolare per la ricerca del  $0\nu\beta\beta$ . CUPID si colloca tra gli esperimenti di prossima generazione per la ricerca del  $0\nu\beta\beta$  del  $^{100}\text{Mo}$  ed utilizzerà cristalli di  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$  per integrare le tecniche bolometriche attualmente utilizzate da CUORE con la rivelazione della luce emessa dal rivelatore stesso per consentire l'identificazione del tipo di particelle interagenti ( $\beta/\gamma$  e  $\alpha$ ), consentendo così di ridurre notevolmente i fondi nella regione di interesse. In questa presentazione verranno mostrati i risultati ottenuti da CUORE e verranno discusse alcune delle sfide tecnologiche poste da CUPID.

**Astroparticelle e Cosmologia / 4**

## **Stato attuale e prospettive di fisica dell'esperimento JUNO**

**Author:** Vanessa Cerrone<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università degli Studi di Padova*

**Corresponding Author:** [vanessa.cerrone@studenti.unipd.it](mailto:vanessa.cerrone@studenti.unipd.it)

JUNO, acronimo di Jiangmen Underground Neutrino Observatory, è un esperimento di neutrini attualmente in costruzione nel sud della Cina, in un laboratorio sotterraneo schermato da 650 m di roccia. Il rivelatore è costituito da 20 mila tonnellate di scintillatore liquido, contenuto all'interno di una sfera di acrilico di 35 metri di diametro. La sfera è immersa in una piscina di acqua ultra-pura, utilizzata come sistema di veto a radiazione Cerenkov per raggi cosmici, e volta a garantire una bassa contaminazione da radioattività ambientale. Il rivelatore centrale è equipaggiato con 17612 fotomoltiplicatori da 20 pollici e 25600 fotomoltiplicatori da 3 pollici, i quali complessivamente coprono più del 75% della superficie della sfera. L'obiettivo primario dell'esperimento è la determinazione dell'ordinamento di massa dei neutrini, attraverso la misura delle oscillazioni di sapore degli antineutrini elettronici emessi dai vicini reattori nucleari, situati a 53 km di distanza. La rivelazione degli antineutrini da reattore avviene tramite il decadimento  $\beta$  inverso, una reazione in cui questi ultimi interagiscono con i protoni liberi nello scintillatore, producendo un positrone e un neutrone. La misura dell'ordinamento di massa è ambiziosa e richiede una risoluzione energetica senza precedenti per un rivelatore a scintillatore liquido, del 3% a 1 MeV, e effetti complessivi di non linearità al di sotto del 1%. Le caratteristiche innovative e le ingenti dimensioni del rivelatore fanno sì che già nel primo anno di presa dati sarà possibile determinare con alta precisione (al di sotto del percento) tre quantità (indipendenti) legate alle oscillazioni:  $\sin^2(\theta_{12})$ ,  $\Delta m_{12}^2$ ,  $\Delta m_{32}^2$ . JUNO sarà il primo esperimento a misurare simultaneamente gli effetti delle oscillazioni solari ( $\Delta m_{12}^2$ ) e atmosferiche ( $\Delta m_{32}^2$ ). Inoltre, l'esperimento sarà in grado di rivelare neutrini di originale naturale, tra cui neutrini solari, atmosferici, terrestri e da eventi di supernove, generando molteplici possibilità di studi e un'articolata linea di ricerca nel campo della fisica e dell'astrofisica. In questo intervento verranno illustrati lo stato attuale e le prospettive di fisica dell'esperimento JUNO.

**Astroparticelle e Cosmologia / 5**

## **L'esperimento ENUBET e la sua implementazione al CERN**

**Author:** Filippo Bramati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** [filippo.bramati@mib.infn.it](mailto:filippo.bramati@mib.infn.it)

I fasci monitorati di neutrini sono una nuova tecnologia per misurare le sezioni d'urto di neutrini con una precisione dieci volte migliore rispetto alle misure attuali, in particolare nell'intervallo di energia di rilevanza per HyperKamiokande e DUNE. Il progetto ENUBET ha dimostrato per la prima volta la fattibilità di questo concetto e la Collaborazione si avvia a presentare il proposal per un nuovo fascio di neutrini al CERN basato sull'acceleratore SPS e sui rivelatori di neutrini ProtoDUNE già operativi presso la North Experimental Area. In questa presentazione verranno discussi i risultati finali di ENUBET. Verrà presentato il design della linea di fascio e del tunnel di decadimento strumentato che consente di misurare i leptoni carichi prodotti in associazione con i neutrini dal decadimento dei kaoni. Verranno inoltre discussi i risultati del test su fascio del Dimostratore: una sezione a lunghezza ridotta del tunnel di decadimento di ENUBET che è stata esposta a fasci di particelle presso la East Area del CERN nell'Ottobre 2022. Verranno discusse infine le performance di fisica attese utilizzando ProtoDUNE-SP come rivelatore di neutrini e le prospettive per l'implementazione di questa facility presso la North Area del CERN.

## Astroparticelle e Cosmologia / 6

### Primi risultati dell'esperimento XENONnT

**Author:** Cecilia Ferrari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** [cecilia.ferrari@gssi.it](mailto:cecilia.ferrari@gssi.it)

Uno dei misteri più affascinanti e irrisolti della fisica contemporanea riguarda la discrepanza tra la teoria e le osservazioni astro-cosmologiche a diverse scale dell'Universo. Per risolvere questo problema, si è avanzata l'ipotesi dell'esistenza di una nuova forma di materia particellare, conosciuta come materia oscura, in grado di interagire con la materia ordinaria attraverso una forza dell'ordine della scala elettrodebole. Con l'obiettivo di sondare questa teoria, l'esperimento XENONnT è attualmente in fase di raccolta dati nei laboratori sotterranei dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare presso il Gran Sasso. Verranno presentati i risultati della prima campagna di raccolta dati che conta un'esposizione di circa 1.1 ty e un livello di fondo senza precedenti pari a  $15.8 \pm 1.3$  eventi/(t y keV).

## Astroparticelle e Cosmologia / 7

### Da KATRIN a TRISTAN: massa del neutrino e neutrini sterili

**Author:** Andrea Nava<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** [a.nava35@campus.unimib.it](mailto:a.nava35@campus.unimib.it)

L'obiettivo di KATRIN (Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment) è la determinazione della massa del neutrino con una sensibilità di 0.2 eV tramite l'analisi della regione dell'endpoint dello spettro del Trizio utilizzando una sorgente ad alta luminosità e un filtro ad alta risoluzione di tipo MAC-E. KATRIN detiene l'attuale miglior limite sulla massa del neutrino di 0.8 eV, derivante dall'analisi dei primi due dataset. L'INFN è recentemente entrato nella collaborazione grazie a un rilevante contributo all'upgrade del detector. In questa nuova fase, chiamata TRISTAN, la capacità di poter sostenere alti rate di interazione e la migliore risoluzione energetica intrinseca renderanno possibile una misura differenziale dell'intero spettro  $\beta$  del Trizio e quindi consentiranno la ricerca di neutrini sterili nel range dei keV, possibili candidati ad essere la particella di Materia Oscura. Il detector TRISTAN è una matrice di Silicon Drift Detectors (SDDs) composta da 9 moduli da 166 pixel aventi diametro di 3 mm. Il modello della risposta di questo detector agli elettroni con energia nel range dei keV è il topic principale della mia attività di dottorato negli ultimi due anni. In questo talk illustrerò come, grazie a una statistica molto maggiore e allo studio e riduzione delle sistematiche, KATRIN prevede di raggiungere la sensibilità di 0.2 eV. Infine illustrerò le attività e gli studi che sono in corso per la preparazione della fase successiva dell'esperimento e in particolare gli sviluppi e le sfide riguardanti il modello per lo spettro differenziale del Trizio, indispensabile per la ricerca di nuova fisica, come neutrini sterili con massa nel range dei keV.

## Astroparticelle e Cosmologia / 8

### Il rivelatore interferometrico di onde gravitazionali Virgo: stato e prospettive future

**Author:** Claudia Taranto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** claudia.taranto@roma2.infn.it

Lo studio delle onde gravitazionali iniziò quando, nel 1916, Albert Einstein, ne predisse l'esistenza nella sua teoria della Relatività Generale. Dopo molti decenni di sviluppi scientifici e tecnologici, il 14 settembre 2015, le collaborazioni LIGO e Virgo hanno osservato per la prima volta un segnale di onde gravitazionali, noto come GW150914, proveniente dalla fusione di due buchi neri. La prima osservazione di onde gravitazionali proveniente dalla fusione di un sistema binario di stelle di neutroni, GW170817, rilevato il 17 agosto 2017, ha dato vita all'astronomia multi-messaggera. L'interferometro Virgo, situato a Cascina (Pisa) presso l'Osservatorio Gravitazionale Europeo (EGO), ha consentito una migliore precisione di localizzazione dell'evento, che ha portato alla scoperta di una controparte ottica luminosa. Nell'intero periodo di osservazione di Virgo e LIGO, sono state rilevate un totale di 90 onde gravitazionali, emesse dalle coalescenze di oggetti compatti relativistici. La rete globale di interferometri di onde gravitazionali –i due Advanced LIGO, Advanced Virgo e KAGRA –alterna periodi di osservazione a periodi dedicati all'aggiornamento e al miglioramento dei rivelatori. In questo momento, si sta preparando l'interferometro Advanced Virgo plus in vista del periodo di osservazione O4 e il processo di aggiornamento e miglioramento dell'interferometro per i futuri periodi osservativi è già iniziato. In questa presentazione saranno discussi i risultati finora ottenuti e le prospettive di sviluppo dei prossimi anni.

**Astroparticelle e Cosmologia / 9**

## **Einstein Telescope: scienza e tecnologia del futuro osservatorio Europeo di onde gravitazionali**

**Author:** Francesca Badaracco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INFN Genova*

**Corresponding Author:** francesca.badaracco@ge.infn.it

Le osservazioni di onde gravitazionali effettuate dal 2015 in poi dai rivelatori LIGO e Virgo hanno fornito una ulteriore conferma della validità della teoria della relatività generale. Inoltre, nel 2017 è stata rilevata per la prima volta la controparte elettromagnetica di una coalescenza di stelle di neutroni, verificando le previsioni teoriche su tali eventi e consentendo l'osservazione di una kilonova. L'Einstein Telescope (ET) sarà un rivelatore gravitazionale di terza generazione che, grazie alla sua elevata sensibilità e al suo ampio intervallo di frequenza, potrà esplorare numerosi aspetti fondamentali dell'astrofisica e della cosmologia. Il raggiungimento di tale sensibilità richiederà il superamento di sfide tecnologiche eccezionali. Inoltre, ET si propone come un progetto europeo di grande portata che rivoluzionerà le conoscenze attuali sull'Universo e permetterà lo sviluppo dell'astronomia multi-messaggera su larga scala. In questa presentazione si illustreranno i principali elementi del caso scientifico di ET e le sfide tecnologiche che dovranno essere affrontate.

**Astroparticelle e Cosmologia / 13**

## **Il progetto KM3NET: status e prospettive future**

**Author:** Giovanna Ferrara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INFN-LNS*

**Corresponding Author:** gferrara@lns.infn.it

L'obiettivo principale della collaborazione KM3NeT è quello di realizzare un'infrastruttura di ricerca sottomarina che ospiterà la prossima generazione di rivelatori di neutrini di alta energia. L'infrastruttura KM3NeT comprende il rivelatore ARCA, ottimizzato per la ricerca di sorgenti di neutrini di alta energia nell'Universo - in costruzione a 80 km al largo da Portopalo di Capo Passero, Italia, ad una profondità di 3500 m - e il rivelatore ORCA, dedicato alla determinazione della gerarchia di massa e

allo studio dei parametri di oscillazione dei neutrini - in costruzione a circa 40 km al largo di Tolone, Francia, ad una profondità di 2500 m.

Nell'ultimo decennio l'astronomia dei neutrini nel Mediterraneo ha raggiunto notevoli traguardi grazie alla realizzazione dell'infrastruttura di ricerca KM3NeT. Infatti, seppur attualmente in configurazione parziale, sia il rivelatore ARCA che ORCA hanno già dimostrato le loro potenzialità nella rivelazione di flussi diffusi di neutrini di origine galattica, identificazione di sorgenti puntiformi di neutrini cosmici, stima dei parametri di oscillazione e determinazione della gerarchia di massa del neutrino.

In questo contributo viene descritto lo stato dei rivelatori ARCA e ORCA, i risultati attualmente raggiunti e le prospettive future attese.

**Astroparticelle e Cosmologia / 14**

## **AMS-02 sulla Stazione Spaziale Internazionale: risultati dopo 11 anni di volo**

**Author:** Federico Donnini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INFN Sez. Perugia*

**Corresponding Author:** federico.donnini@pg.infn.it

AMS-02 (Alpha Magnetic Spectrometer) è uno spettrometro magnetico che opera a bordo della Stazione Spaziale Internazionale (ISS) dal 19 Maggio 2011. In 11 anni di operazioni, AMS-02 ha raccolto oltre 200 miliardi di eventi, fornendo importanti informazioni riguardanti la composizione e lo spettro energetico dei raggi cosmici dal GeV al TeV. In questo contributo verranno presentati i risultati ottenuti da AMS-02 nei primi 11 anni di presa dati, discutendo inoltre le implicazioni di queste osservazioni sulla descrizione dei processi riguardanti l'origine, l'accelerazione e la propagazione dei raggi cosmici.

**Poster / 17**

## **Misura dell'evoluzione temporale del flusso di protoni e nuclei d'elio con l'esperimento AMS-02**

**Author:** Francesco Faldi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** francesco.faldi@pg.infn.it

AMS-02 è un rivelatore di particelle di alta energia, progettato per studiare con precisione, nell'ambiente orbitale terrestre, le proprietà dei raggi cosmici nell'intervallo di rigidità tra il GV ed il TV. L'esperimento è attualmente operativo sulla Stazione Spaziale Internazionale sin dal maggio 2011. In questo contributo viene presentata la misura dei flussi giornalieri di protoni e di nuclei d'elio nell'intervallo 1-100 GV, basata sui dati raccolti da AMS-02 tra il 19 maggio 2011 ed il 29 ottobre 2019. La misura fornisce evidenza della presenza di distinte variazioni e periodicità che emergono a varie scale temporali e di rigidità.

Questi risultati sono di particolare interesse nello studio di eventi solari transienti ad alta energia, come flares ed espulsioni di massa coronale, e nella comprensione del trasporto dei raggi cosmici nello spazio interplanetario.

**Astroparticelle e Cosmologia / 18**

## La scienza di Fermi-LAT

**Author:** Roberta Pillera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Politecnico and INFN Bari*

**Corresponding Author:** roberta.pillera@ba.infn.it

L'esperimento Fermi-LAT (Large Area Telescope) è un rivelatore di raggi gamma a bordo del satellite Fermi, sensibile alle energie da 20 MeV a oltre 300 GeV. Lanciato nel 2008, l'obiettivo principale dell'esperimento è quello di studiare i raggi gamma di alta energia di origine astrofisica. Gli obiettivi scientifici del LAT includono: lo studio dei meccanismi di accelerazione dei raggi cosmici e di emissione di radiazione elettromagnetica in sorgenti come ad esempio Nuclei Galattici Attivi (AGN), pulsar e Resti di Supernova (SNR); lo studio della radiazione gamma diffusa, sia galattica che extra-galattica; la ricerca di eventuali sorgenti gamma non identificate; la rivelazione indiretta della materia oscura attraverso i processi di decadimento o annichilazione con fotoni nello stato finale; lo studio di fenomeni transienti con emissione di raggi gamma di alte energie, come i brillamenti solari (solar flares) e i lampi di raggi gamma (gamma-ray bursts, GRB).

In questa presentazione saranno illustrati i principali risultati scientifici ottenuti dall'esperimento negli ultimi anni, con un focus particolare sull'eccezionale evento GRB221009A, il più luminoso GRB mai osservato nella storia dell'astronomia gamma.

**Frontiera dell'Intensità / 19**

## Un nuovo approccio per lo studio dei decadimenti inclusivi del $B$ su reticolo

**Author:** Antonio Smecca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** antonio.smecca@to.infn.it

Lo studio dei decadimenti semileptonici del mesone  $B$  è interessante perché, combinando risultati teorici con misure sperimentali, è possibile determinare  $|V_{cb}|$  e  $|V_{ub}|$ , due elementi della matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM). Questi elementi della matrice CKM sono sotto osservazione da molto tempo poiché il loro valore cambia a seconda che si studino decadimenti "esclusivi" o decadimenti "inclusivi". La tensione tra i valori esclusivi e inclusivi potrebbe essere dovuta solo a una insufficiente precisione, oppure potrebbe essere un segnale di nuova fisica oltre il Modello Standard (SM). Per questo motivo si sta lavorando per aumentare sempre di più la precisione dei calcoli teorici e le misure sperimentali di questi decadimenti.

Sul fronte teorico le simulazioni di QCD su reticolo hanno migliorato notevolmente la precisione del calcolo teorico dei tempi di decadimento esclusivi del  $B$ , arrivando all'ordine di qualche punto percentuale. Per quanto riguarda i decadimenti inclusivi, l'unico strumento utilizzabile finora è stato l'Operator Product Expansion (OPE) che però, a differenza delle simulazioni su reticolo, si basa su alcuni assunti come la dualità Quark-Hadron.

In questo talk presenterò un nuovo metodo per calcolare, attraverso simulazioni di QCD su reticolo, alcune quantità osservabili legate ai decadimenti semileptonici inclusivi del mesone  $B$ . Il metodo si basa sulla ricostruzione numerica di quantità legate al tensore adronico, il quale racchiude i contributi di QCD non-perturbativa relativi al decadimento.

Infine mostrerò un confronto diretto tra i risultati delle simulazioni e i risultati analitici dell'OPE.

**Frontiera dell'Intensità / 20**

## Il momento di dipolo magnetico del leptone tau a futuri collisori leptonici

**Author:** Gabriele Levati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** gabriele.levati@pd.infn.it

Il momento di dipolo magnetico dei leptoni costituisce un'ottima osservabile da considerare non solo per verificare le previsioni del Modello Standard, ma anche per indagare possibili effetti di nuova fisica.

In particolare, la persistente discrepanza tra il valore del momento di dipolo magnetico del muone calcolato teoricamente e quello misurato sperimentalmente suggerisce l'esistenza di nuova fisica in grado di renderne conto. Questa rappresenta una delle principali motivazioni alla base dello studio di effetti analoghi anche nei momenti di dipolo magnetico degli altri leptoni carichi. In questo lavoro esaminiamo la sensibilità agli effetti di nuova fisica nel  $g-2$  del leptone tau di futuri collisori leptonici quali FCC-ee o un collisore di muoni. Nello specifico, nel nostro lavoro mostriamo come questi collisori permetterebbero di avere accesso diretto ad un gran numero di processi d'interesse, tra cui i decadimenti radiativi dell'Higgs  $h \rightarrow \tau^+\tau^-\gamma$ , i processi Drell-Yann  $\ell^+\ell^- \rightarrow \tau^+\tau^-(h)$  o i processi di vector boson fusion come  $\ell^+\ell^- \rightarrow \ell^+\ell^-\tau^+\tau^-$ , che renderebbero possibile sondare il  $g-2$  del tau al livello di  $O(10^{-5}-10^{-4})$ , una risoluzione migliore di ordini di grandezza rispetto a quella attualmente disponibile.

Frontiera dell'Intensità / 21

## Nuovi risultati teorici nei decadimenti del $B_c$

**Author:** Nicola Losacco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** nicola.losacco@ba.infn.it

Presenterò uno studio dei fattori di forma che intervengono nella descrizione dei decadimenti semileptonici  $B_c \rightarrow J/\psi, \eta_c$  nel Modello Standard (MS) e in nuova fisica. Tramite una espansione in QCD non relativistica e usando la simmetria di spin dei quark pesanti si possono esprimere i fattori di forma in termini di funzioni universali in prossimità del massimo momento trasferito. Usando come input i risultati di QCD su reticolo per i fattori di forma nel Modello Standard di  $B_c \rightarrow J/\psi$ , è possibile ottenere informazioni su tutti gli altri. L'analisi è estesa ai decadimenti semileptonici  $B_c \rightarrow \chi_{cJ}, h_c$ . Sono state ottenute relazioni fra i vari fattori di forma che permettono di ridurre le incertezze adroniche per questi processi. Questa analisi può essere utile per indagare la natura dello stato  $\chi_{c1}(3872)$ , confrontando la sua produzione nei decadimenti semileptonici del  $B_c$  con i canali che coinvolgono stati 2P del charmonio. Le relazioni tra i fattori di forma all'ordine leading, insieme all'applicazione della fattorizzazione per lo studio dei decadimenti non leptonici del  $B_c \rightarrow \chi_{cJ}, h_c$ , sono state inoltre utilizzate per ottenere predizioni su rapporti di frazioni di decadimento dei diversi processi, sia per stati 1P che per quelli 2P.

Frontiera dell'Intensità / 22

## Il fascino intrinseco del protone

**Author:** Alessandro Candido<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** alessandro.candido@mi.infn.it

La struttura del protone è determinata dalla dinamica non perturbativa della cromodinamica quantistica (QCD), e perciò attualmente determinata indirettamente dai dati raccolti da vari esperimenti di fisica delle alte energie. NNPDF adotta una metodologia basata sull'allenamento di una rete neurale, come approssimazione di un insieme di funzioni incognite che caratterizzano il protone (PDF). Grazie alla flessibilità di questa parametrizzazione, all'insieme esteso di dati elaborati e al calcolo perturbativo degli effetti di un quark massiccio (intrinseco) nello stato iniziale dei processi misurati, è stato possibile determinare un'evidenza per la presenza di coppie charm-anticharm nello stato non perturbativo. Questa evidenza è confermata dal maggior accordo delle predizioni con recenti misure dell'esperimento LHCb, particolarmente sensibili a questa componente.

**Frontiera dell'Intensità / 23**

## Stati a pentaquark a LHCb

**Author:** Alessandro Giachino<sup>None</sup>

**Corresponding Author:** alessandro.giachino@ge.infn.it

In questi ultimi decenni è iniziato un periodo molto fertile nella spettroscopia adronica esotica e, in particolare, nel settore degli stati a pentaquarks. Esistono diversi modelli utilizzati per descrivere questi stati e non esiste ancora consenso nella comunità scientifica su quale sia la descrizione corretta. In questa presentazione farò una panoramica della descrizione cosiddetta di pentaquark compatto e della descrizione basata sull'accoppiamento dei canali mesone-barione e dei canali del cuore a 5 quarks, confrontando le predizioni di questi modelli con i dati sperimentali.

**Frontiera dell'Energia / 24**

## Studio di processi di produzione centrale ed esclusiva mediante collisioni pp ad energia $\sqrt{s} = 13$ TeV con l'esperimento CMS

**Author:** Matteo Pisano<sup>None</sup>

**Corresponding Author:** pisano.matteo96@gmail.com

Durante un processo di collisione tra protoni, non sempre le particelle interagenti si dissociano: in particolare, la fisica dei processi di produzione centrale ed esclusiva si occupa dello studio degli eventi in cui i protoni collidenti interagiscono tra loro mediante lo scambio di una coppia di fotoni e rimanendo intatti. Pertanto, i protoni perderanno energia durante l'interazione e risulteranno deviati dalla loro direzione originale. La frazione di energia scambiata sarà utilizzata per creare un sistema X di particelle. Un generico processo diffrattivo potrà quindi essere scritto come  $pp \rightarrow p + X + p$ , ove X può essere un sistema qualunque di particelle. Mentre il sistema X può essere facilmente ricostruito dal rivelatore centrale di CMS, i protoni risultano essere prodotti ad angoli non compatibili con la sua accettazione geometrica. Pertanto, la collaborazione ha sviluppato un secondo rivelatore simmetrico, chiamato PPS, posto ad una distanza di circa 200 m dal punto di interazione e che permette di ricostruire le proprietà cinematiche dei protoni di stato finale. Durante il talk, si tratteranno i principali processi diffrattivi studiati dalla collaborazione CMS, tra cui la produzione esclusiva di coppie  $e^+e^-$ ,  $\mu^+\mu^-$ ,  $\gamma\gamma$ , fino ad arrivare alla trattazione di recenti studi sulla produzione di coppie  $t\bar{t}$ ,  $WW$  e  $ZZ$ , studiate per la prima volta nel 2022 dalla nostra collaborazione. Infine, si sottolineerà come la ricostruzione dei protoni di stato finale sia un potente strumento per l'eliminazione dei fondi e come l'accettazione di PPS permetta di taggare eventi ad alte energie (fino a 1 TeV), permettendo studi di alta precisione di scenari BSM.

**Frontiera dell'Energia / 25**



## Impatto del MIP timing detector sulla fisica di CMS per HL-LHC

**Author:** Giulia Sorrentino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** giulia.sorrentino@ts.infn.it

Nell'ambito del programma di aggiornamento del rivelatore Compact Muon Solenoid (CMS) al Large Hadron Collider (LHC), è prevista l'installazione di un nuovo rivelatore per misurare il tempo delle particelle minimo ionizzanti (MIP) con una risoluzione temporale di 30-40 ps. Le informazioni fornite da questo nuovo MIP Timing Detector (MTD) miglioreranno la reiezione di tracce e vertici spuri derivanti dall'elevato numero di eventi di pile-up previsto per High Luminosity-LHC, nell'ottica di mantenere prestazioni ottimali nella ricostruzione e nell'identificazione delle particelle. In aggiunta, le nuove informazioni temporali permetteranno l'identificazione delle particelle tramite la misura del tempo di volo, fondamentale nelle analisi di fisica del b e degli ioni pesanti, e offriranno opportunità uniche per la ricerca di nuova fisica, in particolare nell'ambito delle searches di particelle esotiche long-lived. In questa presentazione, partendo dallo stato dell'arte della simulazione e della ricostruzione del detector, verrà fornita una panoramica dell'impatto di MTD su un'ampia varietà di analisi di fisica.

Frontiera dell'Energia / 26

## Risultati recenti di VBS e VBF con gli esperimenti ATLAS e CMS

**Author:** Benedetta Camaiani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** benedetta.camaiani@fi.infn.it

I processi di Vector Boson Scattering (VBS) e Fusion (VBF) hanno un ruolo cruciale nel testare le predizioni del settore elettrodebole del Modello Standard (MS), essendo sensibili alle auto-interazioni dei bosoni vettori. L'ampiezza di interazione associata al meccanismo VBS dipende fortemente dall'accoppiamento tra i bosoni vettori e il bosone di Higgs. Questo processo è quindi fondamentale per comprendere le proprietà del meccanismo di rottura spontanea della simmetria elettrodebole. Inoltre, una deviazione dell'accoppiamento tra bosoni vettori e il bosone di Higgs dalle predizioni del MS porterebbe ad una divergenza dell'ampiezza di interazione nel limite di alte energie e quindi, ad una violazione dell'unitarietà del MS. Vengono presentate le misure più recenti della sezione d'urto di produzione di bosoni vettori in associazione a due jet adronici, utilizzando dati di collisioni protone-protone a  $\sqrt{s} = 13$  TeV, raccolti a LHC dagli esperimenti CMS ed ATLAS. Inoltre, vengono misurate sezioni d'urto differenziali e fiduciali in funzione di diversi osservabili.

Frontiera dell'Energia / 27

## Benchmark di un nuovo modello di analisi per la fase-2 di CMS su risorse INFN

**Author:** Tommaso Tedeschi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università e INFN Perugia*

**Corresponding Author:** tommaso.tedeschi@pg.infn.it

L'era di alta luminosità di LHC rappresenta una sfida senza precedenti che sta spingendo gli esperimenti di LHC a ripensare i propri modelli di calcolo. Tra i vari ambiti di sviluppo che l'esperimento CMS sta sondando, l'evoluzione verso soluzioni che consentano di svolgere l'analisi dei dati in maniera efficiente e (quasi-)interattiva è di importanza chiave per ridurre le necessità di risorse di calcolo in vista di Run4. In questo contesto, lo sforzo è diretto verso l'adozione di tool di analisi moderni come RDataFrame (l'interfaccia di alto livello di ROOT per l'analisi di dati colonnari che offre un modello di programmazione efficiente, flessibile, e facilmente scalabile) e di soluzioni cloud-native per l'accesso interattivo alle risorse di calcolo attualmente disponibili. In questo lavoro verrà mostrato il primo studio volto a testare ed effettuare misure di benchmark sul prototipo di analysis facility sviluppato e implementato all'INFN, che integra in maniera trasparente risorse Grid, cloud e possibilmente HPC accessibili sia in maniera classica tramite CLI che attraverso interfaccia interattiva. Per questo studio, è stata considerata l'analisi di eventi di Vector Boson Scattering (VBS) di bosoni W dello stesso segno con un leptone tau a decadimento adronico e un leptone leggero (elettrone o muone) nello stato finale. Tale analisi, inizialmente implementata utilizzando tool "legacy" (NanoAOD-tools e PyROOT) in un classico approccio batch, è stata tradotta in RDataFrame, ed entrambi gli approcci sono stati testati sulla suddetta facility, sulle stesse identiche risorse, e comparati sulla base di varie metriche. In questo contributo, i risultati di tale benchmark, così come il lavoro necessario per il porting, saranno mostrati e discussi insieme alle prospettive future.

**Frontiera dell'Energia / 28**

## **Ricerca di decadimenti rari del bosone di Higgs in un mesone $J/\Psi$ , $\Psi(2S)$ o $Upsilon(nS)$ e un fotone**

**Author:** Rocco Ardino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** rocco.ardino@pd.infn.it

L'accoppiamento del bosone di Higgs ai quark della seconda generazione rappresenta un obiettivo delle misure dell'Higgs a High-Luminosity LHC. Un canale di decadimento molto raro ma promettente consiste nel cercare il decadimento del bosone di Higgs in un fotone ad alta energia e un mesone  $J/\Psi$  o  $\Psi(2S)$ , quest'ultimo osservato nel suo decadimento in coppie di muoni. Grazie all'eccellente risoluzione sulla ricostruzione della massa invariante dello stato finale e ai ridotti fondi di Modello Standard, il processo risulta estremamente pulito, completando le ricerche di  $H \rightarrow c\bar{c}$ , e necessità di una grande quantità di dati per l'analisi. I corrispondenti decadimenti nel settore del bottomonium,  $H \rightarrow Upsilon(1S, 2S, 3S)\gamma$ , possono inoltre fornire informazioni sulla parte reale e immaginaria dei coupling del bottom quark con l'Higgs, oltre che un'ulteriore validazione del metodo di calcolo del branching ratio per decadimenti rari dell'Higgs. In questo contributo, i risultati pubblici di CMS sui dati di Run2 del 2016 sono descritti e possibili miglioramenti della strategia di analisi sono illustrati, in attesa della pubblicazione dei risultati di CMS con il dataset di Run2 completo.

**Frontiera dell'Energia / 29**

## **Fisica Elettrodebole nella regione in avanti con LHCb**

**Author:** Davide Zuliani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** davide.zuliani@pd.infn.it

L'esperimento LHCb copre la regione in avanti delle collisioni protone-protone e può studiare i bosoni W e Z in questo spazio delle fasi complementare ad ATLAS e CMS, contribuendo all'attuale panorama della Fisica Elettrodebole. Grazie alle eccellenti prestazioni del rivelatore, i parametri fondamentali del Modello Standard possono essere misurati con precisione studiando le proprietà dei

bosoni elettrodeboli. In questo intervento verrà presentata una panoramica dell'ampio programma di Fisica Elettrodebole di LHCb. Questo include la misura della massa del bosone W e dei coefficienti angolari della  $Z \rightarrow \mu^+\mu^-$ . Verranno inoltre presentate le misure di produzione dei bosoni W e Z, inclusive o con jet associati, che possono dare importanti contributi alla determinazione globale delle funzioni di distribuzione dei partoni.

Frontiera dell'Energia / 31

## Produzione di (anti)nuclei leggeri con l'esperimento ALICE a LHC

**Author:** Marika Rasà<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** marika.rasa@ct.infn.it

La misura della produzione di (anti)nuclei leggeri in collisioni pp, p-A e AA ad alta energia è uno strumento fondamentale per la comprensione del processo di adronizzazione. Tra gli esperimenti presenti ad LHC ALICE, grazie alle sue ottime prestazioni nel tracciamento e nell'identificazione delle particelle in un ampio intervallo di impulso, è particolarmente indicato per lo studio degli (anti)nuclei leggeri prodotti nei diversi sistemi di collisione esplorati. Particelle con numero di massa fino ad A=4 quali (anti)deuterio, (anti)trizio, (anti)<sup>3</sup>He e (anti)<sup>4</sup>He sono state identificate e studiate con successo in un intervallo di pseudorapidità  $|\eta| < 0.9$ . In questo contributo saranno presentati risultati sulla frequenza di produzione delle particelle, sulle loro distribuzioni in impulso trasverso e il confronto dei risultati ottenuti con le previsioni dei modelli di adronizzazione, quali il modello termico statistico e il modello di coalescenza. In aggiunta saranno presentati recenti risultati sulla produzione di (anti)deuterio in jet.

Frontiera dell'Energia / 33

## Misura della produzione di mesoni $\eta$ in avanti con il rivelatore LHCf-ARM2 ad LHC

**Author:** Giuseppe Piparo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** giuseppe.piparo@ct.infn.it

L'esperimento LHC-forward (LHCf) è stato appositamente progettato per misurare la produzione di particelle neutre in avanti nelle collisioni al Large Hadron Collider (LHC), al fine di fornire dati ad alta energia utili per la calibrazione dei modelli di interazione adronica utilizzati nelle simulazioni dell'interazione tra i raggi cosmici primari e l'atmosfera terrestre. Ciò è reso possibile dalle prestazioni di questo apparato sperimentale, composto da due calorimetri di campionamento chiamati Arm1 e Arm2, situati a circa  $\pm 140$  m dal punto di interazione 1 (IP1) del LHC, con un angolo di zero gradi rispetto alla linea di fascio. In questo intervento presenteremo la strategia di analisi dati e i risultati della misura della produzione di mesoni  $\eta$  in collisioni p-p a  $\sqrt{s}=13$  TeV, effettuata con il rivelatore Arm2. Si tratta della prima osservazione di mesoni  $\eta$  nella regione in avanti ad alte energie e permetterà una migliore comprensione dei meccanismi con cui queste particelle vengono generate. Mostreremo il confronto tra i dati sperimentali e le previsioni di alcuni modelli di interazione adronica di ampio utilizzo in fisica fondamentale. Infine, discuteremo i miglioramenti che i dati raccolti dall'esperimento LHCf durante il Run III del LHC apporteranno a questa misura.

Poster / 34

## Caratterizzazione dei Gas Pixel Detectors della missione IXPE tramite l'X-ray Calibration Facility

Author: Stefano Tugliani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: stefano.tugliani@to.infn.it

L'Imaging X-ray Polarimetry Explorer, IXPE, è una missione lanciata il 9 dicembre 2021 (collaborazione NASA e ASI) dedicata alla polarimetria dei raggi X astrofisici: essa misura la polarizzazione lineare di differenti sorgenti astrofisiche nel range di energia 2-8 keV.

Il cuore della Detector Unit di IXPE e di future missioni indirizzate alla polarimetria dei raggi X è il Gas Pixel Detector (GPD), che può essere calibrato e caratterizzato tramite l'X-ray Calibration Facility (XCF), disponibile presso il dipartimento di fisica dell'Università di Torino.

L'XCF è un setup sperimentale che offre la possibilità di studiare fasci di fotoni a diverse energie con differenti configurazioni spaziali e di polarizzazione. La sorgente di radiazione è un tubo che genera due fasci, uno dei quali viene polarizzato linearmente sfruttando la diffrazione di Bragg su cristalli, scelti in modo che soddisfino la condizione di Bragg all'energia del fascio primario.

Grazie ad un sistema di movimentazioni, il GPD può misurare sia il fascio non polarizzato che quello polarizzato: il confronto e lo studio dei due segnali fornisce un modo per caratterizzare il GPD stesso. L'XCF è stata inizialmente pensata come facility per caratterizzare e qualificare i GPD, ma allo stesso tempo essa può soddisfare requisiti per supportare programmi di ricerca e sviluppo nell'ambito di innovativi detector per misurare energia, posizione e polarizzazione dei raggi X con elevata sensibilità.

Astroparticelle e Cosmologia / 35

## La fisica delle astroparticelle nell'ambito dell'Osservatorio Pierre Auger : principali risultati e prospettive future

Author: Gioacchino Alex Anastasi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università di Catania*

Corresponding Author: gialex.anastasi@gmail.com

L'osservatorio Pierre Auger, collocato nella provincia di Mendoza in Argentina, è il più grande esperimento per la misura dei raggi cosmici di altissima energia (ultra-high-energy cosmic rays, UHECR) attraverso l'osservazione degli sciami estesi in aria (extensive air showers, EAS) generati dall'interazione delle particelle primarie con l'atmosfera. Una caratteristica fondamentale dell'Osservatorio è il design ibrido: lo sviluppo longitudinale della cascata viene osservato da 27 telescopi di fluorescenza mentre, contemporaneamente, circa 1660 rivelatori Cherenkov ad acqua disposti in una griglia triangolare misurano la densità di particelle al suolo. Con oltre 15 anni di presa dati, l'Osservatorio ha apportato un contributo fondamentale alla ricerca sull'origine e sulle caratteristiche dei raggi cosmici di energia più elevata ( $>10^{18}$  eV), in particolare tramite lo studio dello spettro energetico, delle anisotropie nelle direzioni di arrivo e della composizione in massa dei primari. I principali risultati e alcune possibili interpretazioni sono presentati in questo contributo.

Un potenziamento dei rivelatori di superficie dell'Osservatorio Pierre Auger (AugerPrime upgrade) è attualmente in corso. Le principali caratteristiche e lo scopo dell'upgrade sono sintetizzate in conclusione al contributo.

Frontiera dell'Intensità / 36

## Stato delle ricerche di violazione di CP nei decadimenti degli adroni beauty ad LHCb

**Author:** Andrea Villa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** anvilla@bo.infn.it

L'esperimento LHCb al Large Hadron Collider è stato progettato per eseguire misure di fisica del sapore di alta precisione.

In particolare, le misure di violazione di CP nei decadimenti degli adroni contenenti quark beauty sono di grande interesse in quanto potrebbero fare luce su alcune questioni ancora aperte riguardo l'asimmetria barionica presente nell'universo e per trovare prove di Nuova Fisica oltre il Modello Standard. In questo ambito, l'esperimento LHCb gioca un ruolo di fondamentale importanza, data la quantità senza precedenti di decadimenti di adroni b accumulata durante i Run 1 e 2 del LHC.

In questo contributo verranno presentati i più recenti risultati ottenuti dall'esperimento LHCb in merito alla ricerca di violazione di CP nei decadimenti di adroni contenenti quark beauty.

Frontiera dell'Intensità / 37

## Decadimenti rari e veramente rari di adroni ad LHCb

**Author:** Gabriele Martelli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** gabriele.martelli@pg.infn.it

L'esperimento LHCb ha collezionato dati durante i Run 1 (2011-2012) e 2 (2015-2018) del LHC e nel 2022 ha cominciato la campagna di raccolta dati del Run 3 con molti detector aggiornati. In questo contributo saranno presentati i risultati più recenti ottenuti dall'esperimento LHCb riguardo i decadimenti rari e veramente rari di mesoni e barioni ottenuti coi dati collezionati durante i Run 1 e 2. In particolare, saranno discusse le tecniche sperimentali ed i metodi di analisi utilizzati per la ricerca di questi decadimenti, insieme alle interpretazione teoriche dei risultati ottenuti. Queste analisi potrebbero produrre prove di Nuova Fisica oltre il Modello Standard (MS) o vincoli per alcuni dei parametri del MS.

Frontiera dell'Intensità / 38

## La fisica di BESIII: risultati recenti e prospettive future

**Authors:** Isabella Garzia<sup>1</sup>; Marco Scodreggio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Authors:** garzia@fe.infn.it, marco.scodreggio@fe.infn.it

Lo spettrometro BESIII (Beijing Spectrometer III) opera presso il collisionatore simmetrico a fasci e+e- BEPCII (Beijing Electron Positron Collider II) nel regime energetico compreso tra 2 e 4.95 GeV. A partire dal 2009, l'esperimento ha raccolto il più grande campione di dati al mondo nella regione di energia del lestone tau e del charm.

Inoltre, grazie alla possibilità di regolare l'energia delle collisioni, BESIII è in grado di raccogliere dati vicino alle soglie di produzione di coppie di adroni, e di effettuare scan in diversi punti di energia

per osservare e studiare proprietà di eventuali nuovi stati. Recentemente, grazie ai 10 miliardi di dati raccolti all'energia del centro di massa della Jpsi, l'analisi in onde parziali del decadimento  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta\eta'$  ha permesso di osservare lo stato esotico isoscalare, chiamato  $\eta_1(1855)$ , con numeri quantici  $J^{PC} = 1^{-+}$ , nonché di effettuare studi precisi e dettagliati di spettroscopia nel settore degli adroni leggeri. In aggiunta, verranno presentati i recenti risultati della collaborazione BESIII relativamente ai decadimenti del charmonio e discussi gli ultimi studi sugli stati XYZ.

**Frontiera dell'Intensità / 39**

## Risultati recenti nella fisica del sapore a Belle II

**Author:** Stefano Moneta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** stefano.moneta@pg.infn.it

L'esperimento Belle II ha accumulato  $424 \text{ fb}^{-1}$  di dati, offrendo un'opportunità eccellente, e in alcuni casi unica, per effettuare misure di precisione e ricerche di nuova fisica oltre il Modello Standard. In questo talk verranno discussi i risultati delle ricerche recenti di Belle II nella fisica del sapore.

**Frontiera dell'Intensità / 40**

## Risultati recenti nel settore oscuro ed in decadimenti del tau a Belle II

**Author:** Luigi Corona<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** luigi.corona@pi.infn.it

L'esperimento Belle II ha una capacità unica per la verifica di un'ampia classe di modelli che postulano l'esistenza di particelle di materia oscura. Inoltre la dimensione del campione di dati atteso e un detector ermetico rendono Belle II l'esperimento migliore per studiare la fisica del leptone tau. Questo talk presenta i risultati più recenti di Belle II nella ricerca del settore oscuro e nella fisica del tau, assieme alle prospettive di medio termine per altre ricerche in questo campo.

**Frontiera dell'Intensità / 41**

## La misura di precisione del g-2 del muone

**Author:** Paolo Girotti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Pi*

**Corresponding Author:** pgirotti@pi.infn.it

L'esperimento Muon g-2 presso Fermilab mira a misurare l'anomalia magnetica del muone,  $a_\mu = \frac{g-2}{2}$ , con la precisione senza precedenti di 140 parti per miliardo. Nell'Aprile 2021 la collaborazione ha pubblicato la prima misura relativa al primo anno di presa dati, risultata compatibile con il precedente esperimento presso Brookhaven. La nuova media mondiale della misura sperimentale mostra

ora una discrepanza con la previsione del Modello Standard di 4.2 sigma. Tuttavia, recenti miglioramenti riguardanti il calcolo teorico del contributo adronico basati su reticolo (Lattice-QCD) pongono nuove tensioni sul valore teorico di  $a_\mu$ . L'esperimento Muon g-2 è ora in fase di presa dati per il sesto anno consecutivo e una nuova pubblicazione, con una precisione migliorata di un fattore due rispetto alla precedente, è prevista per l'estate di questo anno. In questa presentazione discuterò della tecnica sperimentale, delle sfide relative alla conduzione di una misura di altissima precisione e dello stato attuale dell'esperimento.

**Frontiera dell'Intensità / 42**

## Ultimi risultati e misure di precisione dell'esperimento NA62

**Author:** Ilaria Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** [ilaria.rosa@cern.ch](mailto:ilaria.rosa@cern.ch)

L'esperimento NA62 al CERN ha collezionato il campione di dati di decadimenti del  $K$  carico più grande del mondo e il suo obiettivo è la misura del branching ratio del decadimento estremamente raro  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ . La misura ottenuta con l'analisi dei dati raccolti tra il 2016 e il 2018 è stata presentata nel 2021. Grazie alla sua ermeticità e all'elevatissima performance dei suoi detector NA62 offre la possibilità di realizzare altre misure nella fisica del sapore e di ricercare particelle del settore oscuro. In questo talk verranno illustrati i risultati più recenti ottenuti dall'esperimento: l'analisi dei decadimenti  $K^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ \mu^-$  e  $K^+ \rightarrow \pi^+ \gamma \gamma$ , con il campione di dati collezionato nel 2017-2018 ha portato alla misura più precisa mai realizzata del branching ratio e del fattore di forma del decadimento  $K^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ \mu^-$  e ad un miglioramento della precisione del branching ratio del  $K^+ \rightarrow \pi^+ \gamma \gamma$  di un fattore 3. L'esperimento NA62 può anche prendere dati in configurazione "beam dump", rimuovendo il bersaglio per la produzione dei kaoni e chiudendo i collimatori. È stato raccolto un campione di più di  $10^{17}$  protoni al bersaglio in questa configurazione, l'analisi di questi dati per la ricerca di decadimenti visibili del fotone oscuro verrà presentata in questo talk.

**Frontiera dell'Intensità / 43**

## High Intensity Kaon Experiment (HIKE) all'SPS del CERN

**Author:** Renato Fiorenza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Scuola Superiore Meridionale*

**Corresponding Author:** [renato.fiorenza@cern.ch](mailto:renato.fiorenza@cern.ch)

La disponibilità di un fascio di Kaoni di alta energia nella North Area del CERN SPS garantisce una possibilità unica per effettuare test di sensibilità del Modello Standard nel settore della fisica del sapore. L'esperimento NA62 ha misurato il branching ratio del decadimento raro del  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  con una precisione senza precedenti. Abbinandolo alla misura del branching ratio del canale neutro  $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  si può fornire un vincolo unico alla matrice CKM e una potenziale evidenza di nuova fisica. In questo talk verrà illustrato un programma sperimentale che è stato presentato al CERN per spingere la precisione della misura del  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  al 5% e per misurare il  $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  con il 20% di precisione. La realizzazione degli esperimenti proposti permetterebbe inoltre di effettuare ulteriori test di universalità del settore leptonic e di conservazione del numero leptonic e del sapore, nonché di effettuare altre misure di precisione nel settore del kaone e ricerche di particelle esotiche.

**Frontiera dell'Intensità / 44**

## Momenti di dipolo elettromagnetici di barioni con stranezza e charm a LHC

**Author:** Giorgia Tonani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** giorgia.tonani@mi.infn.it

Il programma di misure dei momenti di dipolo elettrici e dei momenti di dipolo magnetici può essere esteso ai barioni con stranezza e charm a LHC.

L'osservazione di momenti di dipolo elettrici fornirebbe un segnale di fisica oltre il Modello Standard e l'esistenza di un nuovo meccanismo di violazione di CP che potrebbe aiutare a spiegare la differenza osservata tra materia e antimateria nell'Universo.

La misura di momenti di dipolo magnetici è utile per validare modelli teorici di cromodinamica quantistica non perturbativa e per fornire nuove informazioni sulla struttura interna degli adroni.

Inoltre, la misura del momento di dipolo magnetico per particelle e antiparticelle consentirebbe un test della simmetria CPT. Presentiamo nuove possibilità per eseguire tali misure a LHC sfruttando la precessione di spin dei barioni  $\Lambda_c^+$  e  $\Xi_c^+$  con charm in cristalli curvati e dei barioni  $\Lambda$  con stranezza all'interno del magnete del sistema di tracciatura di LHCb. Saranno delineati gli studi di fattibilità delle tecniche proposte e

le precisioni attese sulle misure.

**Frontiera dell'Intensità / 45**

## Misure di oscillazione e violazione di CP nei decadimenti $D^0 \rightarrow h^+h^-$ a LHCb

**Author:** Nico Kleijne<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** nicokleijne96@gmail.com

La fisica degli adroni contenenti quark charm offre una fenomenologia molto ricca e unica per studiare con sempre maggiore precisione il Modello Standard. In particolare, il sistema dei decadimenti dei mesoni neutri  $D^0$  in due adroni carichi,  $\pi^+\pi^-$ ,  $K^-\pi^+$ ,  $K^+\pi^-$ , e  $K^+K^-$ , permette di studiare fenomeni quali il mescolamento e la violazione di CP. L'esperimento LHCb è attualmente alla frontiera in questo campo di ricerca, e durante il Run 1 e il Run 2 del LHC, ha raccolto i campioni più abbondanti di sempre di tali decadimenti, osservando per la prima volta, nel 2019, la violazione di CP diretta in questo settore e fornendo misure molto accurate sia dei parametri di mescolamento che della violazione di CP dipendente dal tempo, raggiungendo in quest'ultimo caso una sensibilità di qualche unità in  $10^{-4}$ . In questa presentazione, espongo alcuni dei risultati più recenti ottenuti dalla collaborazione LHCb insieme alle prospettive per le misure future con i dati che verranno raccolti dal nuovo esperimento LHCb-Upgrade, durante il Run 3 e Run 4.

**Poster / 52**

## La missione spaziale DAMPE

**Author:** Elisabetta Casilli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università del Salento e INFN Lecce*

**Corresponding Author:** elisabetta.casilli@le.infn.it



DAMPE (DARk Matter Particle Explorer) è un esperimento spaziale per lo studio della radiazione cosmica primaria di alta energia. I suoi obiettivi scientifici riguardano la ricerca di evidenze sperimentali indirette dell'esistenza di materia oscura negli spettri di elettroni e fotoni, lo studio dei raggi cosmici primari fino ad energie di circa 100 TeV e l'astronomia gamma. Sin dal suo lancio, avvenuto il 17 dicembre 2015, DAMPE raccoglie dati in maniera stabile e continua con un'ottima capacità di identificazione delle particelle di alta energia, grazie ad un ampio fattore geometrico ed una buona risoluzione energetica. In questo contributo verranno evidenziati i principali risultati finora raggiunti da DAMPE nell'astronomia gamma (riguardo la mappatura delle sorgenti e la ricerca di linee spettrali) e nell'osservazione dei vari tipi di nuclei che compongono i raggi cosmici, in particolare la misura del gruppo BCNO, il rapporto B/C e B/O, e lo spettro combinato di protoni ed He fino ad energie al di sopra di 100 TeV.

Poster / 53

## L'esperimento GAPS per l'indagine della materia oscura

Author: Luca Ghislotti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: luca.ghislotti@unibg.it

GAPS (General AntiParticle Spectrometer) è un esperimento condotto attraverso l'utilizzo di un pallone stratosferico concepito per rilevare antinuclei di raggi cosmici a bassa energia (<0.25 GeV) come firma indiretta della materia oscura. L'esperimento sfrutta un innovativo sistema d'identificazione delle particelle basato sulla formazione di un atomo eccitato e la sua conseguente de-eccitazione e decadimento. GAPS fornirà una sensibilità senza precedenti agli antideuteroni cosmici, uno spettro di antiprotoni in un intervallo di energia ad oggi inesplorato ed elevata sensibilità all'antielio cosmico.

Lo strumento consiste in un apparato esterno basato su un sistema a tempo di volo (ToF, Time of Flight) costituito da 160 scintillatori plastici e un tracciatore interno realizzato in forma modulare da piani di rivelatori Silicio-Litio (Si-Li), la cui lettura è effettuata tramite un Application Specific Integrated Circuit (ASIC) progettato in tecnologia CMOS da 180 nm. Ogni modulo è realizzato da una scheda di front-end che ospita il circuito integrato di lettura e ne permette il collegamento ai rivelatori Si-Li, ognuno suddiviso in 8 sezioni indipendenti e mantenuto a temperatura di -40 °C per mezzo di un innovativo sistema di raffreddamento basato sul principio dell'oscillating heat pipe.

Il primo volo è previsto dalla base di McMurdo in Antartide nell'estate australe del 2023. Lo strumento è attualmente in fase di integrazione e calibrazione in previsione del lancio. Il poster che sarà presentato fornirà una panoramica generale dello strumento e del suo principio di funzionamento. Particolare enfasi verrà posta sulla descrizione dell'elettronica di lettura del tracciatore e dello stato attuale del processo di integrazione, test e calibrazione.

Astroparticelle e Cosmologia / 54

## Il primo anno della missione IXPE

Author: Stefano Silvestri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: stefano.silvestri@pi.infn.it

Nato da una collaborazione NASA/ASI e lanciato il 9 dicembre 2021 con il programma SMEX (Small Explorer) della NASA, IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer) è il primo telescopio in banda X con capacità di imaging spettropolarimetrico.

Nel suo primo anno di attività, IXPE ha misurato con successo la polarizzazione di decine di sorgenti appartenenti a diverse classi, talvolta con risultati significativamente diversi dalle aspettative pre-lancio.

In questo contributo si descrivono le principali caratteristiche della missione, i principali risultati ottenuti nel suo primo anno di attività esplorativa e alcune prospettive future, essendo entrata nel suo secondo anno di presa dati scientifica e avvicinandosi all'apertura del Guest Observer program.

**Frontiera dell'Energia / 55**

## **Ricerca della violazione di CP nelle interazioni del bosone di Higgs con i bosoni vettori**

**Author:** Chiara Arcangeletti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** chiara.arcangeletti@lnf.infn.it

La ricerca di violazioni CP nel settore di Higgs è un'importante area di ricerca nella fisica delle particelle e le interazioni tra il bosone di Higgs e i bosoni vettori rappresentano una strada promettente per esplorare questi effetti. La produzione tramite fusione di bosoni vettori (VBF) e il decadimento del bosone di Higgs in quattro leptoni  $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$ , sono processi fondamentali per questi studi e il miglioramento della statistica con l'intera presa dati del Run 2 di LHC ha aumentato notevolmente la precisione delle misure in questo settore. In particolare, le interazioni tra il bosone di Higgs e i bosoni vettori hanno suscitato interesse per il loro potenziale di rivelare fisica oltre il Modello Standard (BSM). La teoria del campo effettivo (EFT) si è rivelata un potente strumento per descrivere gli accoppiamenti del bosone di Higgs con le altre particelle e per individuare possibili deviazioni dalle previsioni del Modello Standard. Effetti di violazione di CP possono essere ricercati nella cinematica dei due processi. A tale scopo vengono utilizzate le Optimal Observables, ossia osservabili costruite a partire dall'elemento di matrice del processo che si vuole investigare, che includa anche una componente che violi CP.

In questo talk verranno presentati i risultati della ricerca della violazione di CP nella produzione tramite fusione di bosoni vettori e nella cinematica del decadimento del bosone di Higgs in quattro leptoni, utilizzando i dati raccolti dall'esperimento ATLAS pari ad una luminosità integrata di 139 fb<sup>-1</sup> da collisioni protone-protone con energia del centro di massa pari a 13 TeV.

**Frontiera dell'Energia / 56**

## **Studi di produzione di coppie di bosoni di Higgs con gli esperimenti ATLAS e CMS a LHC**

**Author:** Federico Montekali<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** federico.monterea@uniroma3.it

L'osservazione del bosone di Higgs (H) nel 2012 ha fornito l'ultimo tassello mancante del Modello Standard (SM) della fisica delle particelle. Dalla sua scoperta, la maggior parte delle sue proprietà come massa, spin, sezione d'urto di produzione e il suo accoppiamento a fermioni e bosoni sono stati misurati. Tuttavia, l'accoppiamento del bosone di Higgs con sé stesso non è ancora stato misurato con una precisione accettabile. L'auto-accoppiamento fornisce informazioni sulla struttura del potenziale di Higgs e di conseguenza sulla rottura spontanea di simmetria elettrodebole (EWSB) realizzata dal meccanismo di Higgs, che è responsabile della generazione della massa delle particelle

elementari. L'auto-accoppiamento può essere studiato direttamente tramite la produzione di coppia di bosoni di Higgs (HH), che è un processo estremamente raro (non ancora osservato). Al Large Hadron Collider (LHC), HH è principalmente prodotto tramite fusione gluone-gluone (ggF) e fusione di bosoni vettori (VBF), che sono influenzati dal vertice trilineare di auto-interazione. Qualsiasi deviazione dal valore di auto-accoppiamento predetto dal Modello Standard (SM) può indicare scenari di nuova fisica oltre tale teoria (BSM).

In questa presentazione saranno presentati i risultati più recenti delle ricerche della produzione HH con i dati del Run-2 completo raccolti dai rivelatori ATLAS e CMS e le proiezioni sui risultati futuri che saranno ottenuti ad HL-LHC.

Frontiera dell'Energia / 57

## Misura della sezione d'urto $t\bar{t}$ , della sezione d'urto del bosone Z e del rapporto tra i due processi di produzione utilizzando i primi dati raccolti all'energia del centro di massa di 13.6 TeV con il rivelatore ATLAS.

Author: Giovanni Guerrieri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Corresponding Author: giovanni.guerrieri@ts.infn.it

The inclusive top quark pair ( $t\bar{t}$ ) production cross-section  $\sigma_{t\bar{t}}$  has been measured in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13.6$ -TeV, using  $11.3 \text{ fb}^{-1}$  of data collected in 2022 by the ATLAS experiment at the Large Hadron Collider.

Additionally, a measurement of the ratio of the  $t\bar{t}$  and the Z boson production cross-section in a Z fiducial phase space matching the detector-level selection decaying into a single lepton flavour is reported.

Frontiera dell'Energia / 58

## Ricerca di particelle a lunga vita media in collisioni p-p a 13 TeV con l'esperimento ATLAS

Author: Martina Ressegotti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INFN Genova

Corresponding Author: martina.ressegotti@ge.infn.it

Recent results and highlights of long-lived particle (LLP) searches from the ATLAS experiment at the Large Hadron Collider are presented. Analyses are presented with a focus on the signatures used to separate the signal from the Standard Model background. Attention is given to the custom reconstruction requirements and to the control of the background with data driven methods.

Frontiera dell'Energia / 59

## Misura del processo Drell-Yan ad alta massa nel canale con decadimento semileptonico del tau e ricerca di leptoquark a $\sqrt{s}=13$ TeV con l'esperimento ATLAS

**Author:** Giovanni Padovano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INFN Roma & Sapienza università*

**Corresponding Author:** giovanni.padovano@roma1.infn.it

An analysis of the LHC Run 2 pp collision dataset with at least two charged leptons, one of which is a  $\tau$ -lepton, with the ATLAS detector is presented. This analysis focuses on the region in which the visible invariant mass of the two leptons ranges from the Z boson resonance to high-mass. Two primary results are reported: a search for new heavy particles coupling to  $\tau$ -leptons and  $\tau$ -quarks and a measurement of the unfolded differential Drell-Yan cross section in the high-mass range. Moreover, projections on an additional measurement of the forward-backward asymmetry in the mass range around the Z resonance will be presented.

**Poster / 60**

## **Ricerca di anomalie in eventi completamente adronici prodotti all'LHC nell'esperimento ATLAS mediante l'utilizzo di Reti Neurali a grafo (GNN)**

**Author:** Graziella Russo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** graziella.russo@roma1.infn.it

Graph Neural Networks provide a promising technique for performing Anomaly Detection tasks, by expressing potentially heterogeneous detector information in graph form. In our approach, graphs can be used to represent large-radius jets with interconnected topocluster "nodes", leveraging graph information and message passing to identify unexpected signatures as anomalies. We will discuss our ongoing work based on the open data of LHC Olympics 2020 and its application for ATLAS Run 3 diboson searches in fully hadronic final states.

**Poster / 61**

## **Comunicare la scienza: L'attività outreach della Collaborazione ATLAS**

**Author:** Giulia Manco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** giulia.manco@pv.infn.it

La Collaborazione ATLAS è attiva da ormai diversi anni in progetti di divulgazione per comunicare la scienza ed i propri risultati ad un pubblico generico. Questo tipo di attività sono essenziali per l'ispirazione delle future generazioni, così come per il coinvolgimento delle persone per aumentare la loro fiducia nella ricerca di base.

La comunicazione digitale è ormai diventata uno strumento quotidiano: social media e realtà virtuale vengono usati per restare in contatto con il mondo esterno, nel quale, solitamente, la scienza non è inclusa. In questo contesto, la Collaborazione ATLAS è presente tramite le sue attività sui social, YouTube e con le visite virtuali che riescono a portare lo spettatore direttamente all'interno della caverna dell'esperimento!

In questo talk verrà presentata una panoramica di queste attività, alcune delle quali si sono rivelate fondamentali per non perdere il contatto tra la nostra comunità ed il mondo esterno durante la pandemia del COVID-19.

Poster / 62

## Ricerca di higgsini supersimmetrici in scenari di massa compressi con tracce soft displaced tramite il rivelatore ATLAS

Author: Alessandro Sala<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: alessandro.sala@mi.infn.it

In questo lavoro viene presentata una nuova ricerca dei partner supersimmetrici del bosone di Higgs e dei bosoni di gauge del Modello Standard, collettivamente noti come higgsini, impiegando i dati di collisioni pp a  $\sqrt{s} = 13$  TeV raccolti dal rivelatore ATLAS durante il Run-2 di LHC e relativi ad una luminosità totale integrata pari a 140 fb<sup>-1</sup>. Considerazioni sulla naturalezza della massa dell'Higgs e risultati di precedenti ricerche suggeriscono che gli higgsini possano essere ancora prodotti alla scala elettrodebole in autostati quasi degeneri in massa, dove la differenza fra gli autostati più leggeri e quelli più pesanti risulta dell'ordine di  $\Delta m(\tilde{\chi}_1^\pm, \tilde{\chi}_1^0) \sim 0.3 - 1.5$  GeV. A tale scenario di massa compresso corrispondono caratteristiche uniche del segnale supersimmetrico, quali il decadimento degli higgsini più pesanti in stati finali caratterizzati dalla presenza di tracce cariche associate a pioni che mostrano un "soft displacement" dal vertice di collisione primario dei protoni. L'utilizzo di queste tracce, congiuntamente alla richiesta di momento trasverso mancante nello stato finale e di un getto dalla radiazione dello stato iniziale rinculante contro di esso, fornisce un efficace mezzo per discriminare i contributi di segnale da eventi di fondo. Si discute quindi la più recente implementazione del metodo di stima dei fondi e i risultati ad esso associati traducibili in limiti "model-dependent" preliminari nello spazio dei parametri degli higgsini.

Poster / 63

## Prospettive di scoperta dello squark top nell'Esperimento ATLAS ad HL-LHC

Author: Francesco De Santis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: francesco.desantis@le.infn.it

La produzione diretta di coppie di squark top è uno dei processi previsti dalla Supersimmetria a LHC. Uno dei canali di ricerca per questo processo punta a scoprire il decadimento dello squark top in stati finali con due leptoni di carica opposta (elettroni o muoni), jets adronici e momento trasverso mancante, già oggetto di ricerche precedenti che hanno utilizzato i dati del Run2. Questo contributo riguarda le prospettive di scoperta dello squark top in questo canale con l'Esperimento ATLAS nella fase di High Luminosity dell'acceleratore, quando si prevede che LHC raggiungerà un'energia nel centro di massa di 14 TeV e raccoglierà una luminosità integrata fino a 3000 fb<sup>-1</sup>.

Poster / 64

## Ricerca di anomalie come nuove risonanze che decadono in un bosone di Higgs ed un generico bosone X in stati completamente adronici in collisioni p-p a 13 TeV con l'esperimento ATLAS

Author: Antonio D'Avanzo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** antonio.davanzo@na.infn.it

Anomaly detection search for new resonances decaying into a Higgs boson and a generic new boson X in hadronic final states using  $\sqrt{s} = 13$  TeV pp collisions with the ATLAS detector

**Abstract:** A search is presented for heavy resonances decaying into a Higgs boson (H) and a new particle (X) in a fully hadronic final state with an integrated luminosity of  $139 \text{ fb}^{-1}$  of proton-proton collision data at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector at the CERN Large Hadron Collider. A novel discovery signal region is implemented based on a jet-level anomaly score for signal model-independent tagging of the boosted X boson, representing the first application of fully unsupervised machine learning to an ATLAS analysis. No significant excess of data is observed over the expected background, and the results are interpreted in upper limits at 95% confidence level on the production cross section  $\sigma(\text{pp} \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{XH})$  for signals with  $m_{\text{Y}}$  between 1 and 6 TeV and  $m_{\text{X}}$  between 65 and 3000 GeV.

Poster / 65

## Prima misura della sezione d'urto del processo single top nel canale t in collisioni p-p ad un'energia di 5 TeV in ATLAS

**Author:** Laura Pintucci<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** laura.pintucci@studenti.units.it

The t-channel single top quark production is measured in proton-proton collisions at a center of mass energy of 5 TeV with  $257 \text{ pb}^{-1}$  of data collected by the ATLAS detector. The measurement uses a Boosted Decision Tree (BDT) trained on Monte Carlo to separate signal from background. The output distribution of the BDT is used for the profile-likelihood fit. The analysis takes various calibrations from the recent top-quark pair production cross-section measurement at 5 TeV with the ATLAS detector. To increase the sensitivity to the t-channel single-top process, the analysis selects also forward jets, with an ad-hoc calibration. The analysis also looks at the top quark and anti-top quark cross-sections production separately and their ratio.

Poster / 66

## Identificazione di un bosone di Higgs altamente energetico che decadono in una coppia $b\bar{b}$ /c $\bar{c}$ mediante l'utilizzo di tecniche avanzate di Machine Learning con l'esperimento ATLAS

**Author:** Michele D'Andrea<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *INFN Roma 1*

**Corresponding Author:** michele.dandrea@cern.ch

Being able to accurately identify the Higgs boson that decays into heavy quarks is crucial for improving the measurement of the yukawa coupling to bottom quarks, and it could also lead to evidence of the yukawa coupling to c-quarks at the HL-LHC. When a high-energy Higgs boson decays, it produces two collimated jets (sub-jets) that can be reconstructed within a single largeR jet with a radius of 1.0.

To study these decays, new variables related to flavor tagging can be exploited, such as secondary vertices, as well as variables related to the parton shower, such as color variables belonging to the Lundplane. In particular, these color variables can be used to discriminate the decay of a color singlet (like the Higgs boson) into a flavor-antiflavor quarks pair from the decay of a SU(3) colored state (like the gluon) into the same final state.

The results of this tagger are presented for the first time in the rejection of Hbb/cc versus QCD.

Poster / 67

## Studi di trigger per la ricerca di coppie di Higgs nel canale bbttau-tau in ATLAS con i dati del Run 3

**Author:** Davide Fiacco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INFN Roma 1

**Corresponding Author:** [davide.fiacco@cern.ch](mailto:davide.fiacco@cern.ch)

The estimation of Higgs self-coupling is possible at the Large-Hadron Collider studying the di-Higgs events.

The full Run 2 data-taking period reached an integrated luminosity of  $140 \text{ fb}^{-1}$ , that is expected to at least double at the end of the ongoing Run 3 of the LHC, but given the small di-Higgs production cross-section, much higher data statistics is expected to be needed to observe this process from the simple extrapolation of the current results. For this reason, improvements in the signal acceptance and efficiency, starting from improvements in the trigger selections, are crucial to reduce the amount of data needed for this measurement.

Thanks to the increased usage of the delayed trigger streams and the Run 3-upgrades of the ATLAS detector, it is possible to explore and add new triggers to increase the signal acceptance for the di-Higgs events.

The results of an ongoing study to find the best tradeoff between acceptance for the di-Higgs signal and the total trigger rate, at both the Level-1 and High Level triggers of the ATLAS experiment will be presented. In particular the latest results for the optimization of the HH->bbtau-tau channel, and its possible future upgrades, will be discussed, as part of the ATLAS global effort to increase the sensitivity to the Higgs self-coupling measurements.

Poster / 69

## Ricerca del decadimento del bosone di Higgs in quark charmati a CMS e sviluppi futuri

**Author:** Angela Zaza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

**Corresponding Author:** [angela.zaza@ba.infn.it](mailto:angela.zaza@ba.infn.it)

La scoperta del bosone di Higgs rappresenta la conferma del meccanismo di rottura spontanea di simmetria elettrodebole previsto dal Modello Standard. Tra i principali obiettivi degli esperimenti CMS e ATLAS, vi è la misura delle costanti di accoppiamento del bosone di Higgs con i fermioni di seconda e terza generazione, ad oggi ancora inaccessibili, fatta eccezione per i muoni. In particolare, la misura dell'accoppiamento del bosone di Higgs con i quark charmati è stata effettuata da CMS e ATLAS con i dati raccolti durante il Run2. Il risultato migliore è stato ottenuto dalla collaborazione CMS, con la ricerca del decadimento H->cc nel canale di produzione VH (bosone di Higgs prodotto in associazione ad un bosone vettore), caratterizzato da una buona discriminazione rispetto al fondo QCD. Con questo studio la collaborazione CMS ha stabilito un limite superiore sulla sezione d'urto di questo processo pari a 14 volte il valore previsto dal Modello Standard. Risultati più precisi si potrebbero raggiungere durante il Run3, estendendo la ricerca del decadimento H->cc anche al meccanismo di produzione VBF (fusione di bosoni vettori), non ancora esplorato. In questo contributo sarà descritta la ricerca del decadimento H->cc condotta dalla collaborazione CMS sui dati del Run2 e sarà illustrata una strategia di trigger proposta per la presa dati 2023, la quale si basa

prevalentemente su un nuovo algoritmo di flavor tagging (ParticleNet), strutturato su Reti Neurali Convolutionali.

Poster / 70

## Algoritmi di ricostruzione su architetture eterogenee all'esperimento CMS

Author: Giorgio Pizzati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: giorgio.pizzati@gmail.com

Con l'inizio del Run 3 l'esperimento CMS ad LHC, per far fronte alla maggiore luminosità e al maggior numero di collisioni protone-protone simultanee (pile-up), ha riscritto alcuni degli algoritmi più computazionalmente intensivi della ricostruzione online (HLT) per essere eseguiti su architetture eterogenee. L'offload della ricostruzione delle tracce di pixel e dei calorimetri ha permesso sia di aumentare il rate di eventi processati, riducendo al contempo l'impatto energetico ed il costo dell'hardware, sia di migliorare le performance di fisica della ricostruzione di CMS. Il successo di queste esperienze ha motivato nuovi sforzi, all'interno della collaborazione, per consentire l'esecuzione di un numero sempre maggiore di algoritmi su architetture eterogenee, con l'obiettivo finale per Run5 di eseguire l'80% della ricostruzione HLT su Graphical Processing Units (GPU). In questo intervento mostreremo i risultati attuali dell'acquisizione dati del 2022 e passeremo in rassegna gli sforzi in corso per raggiungere questo obiettivo.

Poster / 71

## 40MHz scouting per il trigger di livello 1 di CMS

Author: Sabrina Giorgetti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: sabrina.997@hotmail.it

Un nuovo sistema di acquisizione dati, noto come "40MHz scouting", è in via di sviluppo come parte del trigger di livello 1 dell'esperimento CMS. Lo scouting del trigger di livello 1 mira a catturare e processare le informazioni presenti nella catena di trigger alla frequenza delle collisioni in LHC. Questo sistema si può rivelare utile in molti scenari, a partire da una diagnostica senza filtri per il rivelatore, per studi di luminosità o per studiare signature e processi per cui il trigger potrebbe risultare inefficiente a causa di limitazioni di banda e/o latenza. In questo contributo verrà presentata l'architettura pensata per il sistema di scouting a 40MHz del trigger di livello 1 per la fase ad alta luminosità di CMS. Verranno inoltre presentati l'architettura del dimostratore sviluppato per Run3 e i primi dati raccolti.

Poster / 72

## Autoencoders per il data quality monitoring per lumi-section dell'esperimento CMS

Author: Alkis Papanastassiou<sup>None</sup>

Corresponding Author: alkis.papanastassiou@unifi.it



Il monitoraggio della qualità dei dati è fondamentale sia online, durante l'acquisizione dei dati, per individuare tempestivamente i problemi e intervenire su di essi, sia offline, per fornire agli analisti set di dati che vengono ripuliti dalle problematiche occasionali. In genere, il monitoraggio della qualità dei dati (DQM) viene eseguito da shifter che esaminano un insieme di quantità integrate, le confrontano con istogrammi di riferimento e, in base alla loro esperienza e formazione, assegnano flag di qualità. Recentemente CMS ha sviluppato la possibilità di produrre le quantità monitorate dal DQM per lumi-section, dove una lumi-section è un'unità di tempo corrispondente a circa 23 s di presa dati. Per analizzare i dati per lumi section, l'uso di tecniche automatizzate è imprescindibile. In questo intervento presentiamo il primo utilizzo in CMS di autoencoder per eseguire anomaly detection su grandezze monitorate per lumi section, nel contesto del monitoraggio della qualità dell'energia trasversa mancante ricostruita. La tecnica sviluppata ha permesso l'identificazione di anomalie che si manifestavano in una singola lumi-section, molto elusive al controllo effettuato su quantità integrate. Questa applicazione è una proof-of-concept dell'efficacia di questo approccio in condizioni reali.

Poster / 73

## Design e prestazioni dell'elettronica di Fase 2 del calorimetro elettromagnetico di CMS

Author: Chiara Basile<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Corresponding Author: chiara.basile@roma1.infn.it

Il progetto di High Luminosity LHC (HL-LHC) ha lo scopo di aumentare la luminosità istantanea delle collisioni di un fattore 4 rispetto al valore a cui opera LHC. Durante la Fase 2 il detector dell'esperimento CMS sarà esposto, in media, a 140 - 200 collisioni per singolo bunch-crossing. Tali condizioni di presa dati richiedono il potenziamento dell'elettronica di lettura del calorimetro elettromagnetico (ECAL). Il nuovo assetto della parte centrale del rivelatore prevede il completo rinnovamento sia dell'elettronica direttamente montata sul detector VFE e FE), sia della elettronica di lettura situata nella caverna di servizio (BCP), mentre i cristalli di tungstenato di piombo e i fotodiodi a valanga (APDs) manterranno delle buone prestazioni e non richiedono di essere sostituiti. La nuova elettronica sul detector permetterà di eseguire misure precise del tempo di arrivo delle particelle e di trasmettere velocemente i dati verso le unità di lettura distaccate, dove dei processori FPGA, potenti e versatili, processeranno ulteriormente i segnali sia per la raccolta dati sia per il trigger. Si presentano i risultati delle ultime campagne di test su fascio che hanno impiegato elettroni fino a 250 GeV per testare l'elettronica di Fase 2 montata sui cristalli di ECAL. Si riporta la caratterizzazione delle prestazioni del nuovo apparato in termini di risoluzione temporale ed energetica.

Poster / 74

## Misura della massa del bosone di Higgs in $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4L$

Author: Donato Troiano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Corresponding Author: donato.troiano@ba.infn.it

Nel Modello Standard la massa del bosone di Higgs ( $m_H$ ) è una costante fondamentale che non è predetta da nessuna teoria e di conseguenza deve essere misurata sperimentalmente. Molte delle proprietà del bosone di Higgs dipendono da  $m_H$ , tra cui la sezione d'urto di produzione, le frazioni di decadimento e le costanti di accoppiamento. Verranno presentate le ultime misure pubbliche di  $m_H$  nel canale di decadimento  $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4L$  ( $L$  un elettrone o un muone), chiamato golden channel, all'esperimento CMS a LHC in collisioni protone-protone ad un'energia nel centro di massa di 13 TeV,

usando una luminosità integrata di  $35.9 \text{ fb}^{-1}$ .  $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4 \text{ L}$  beneficia di uno stato finale totalmente ricostruito e di una chiara segnatura, fornendo fino ad adesso il miglior risultato di  $m_H$  (in combinazione con  $H \rightarrow \text{gamma gamma}$ ). Verranno inoltre mostrate le previsioni di  $m_H$  misurata a CMS a High-Luminosity LHC (HL-LHC) ad un'energia nel centro di massa di 14 TeV, usando una luminosità integrata di  $3000 \text{ fb}^{-1}$ . Rispetto all'ultimo risultato pubblicato da CMS, le previsioni a HL-LHC beneficiano non solo dell'incremento in luminosità in energia nel centro di massa, ma anche di diversi upgrade nell'apparato sperimentale e di una nuova strategia di analisi.

**Astroparticelle e Cosmologia / 75**

## Cherenkov Telescope Array, il più grande osservatorio di raggi gamma mai concepito

**Author:** Michele Palatiello<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** michele.palatiello@ts.infn.it

Il Cherenkov Telescope Array sarà il più grande osservatorio globale mai progettato per l'osservazione da terra della radiazione gamma cosmica di altissima energia. Questo progetto vede coinvolti più di 200 istituti appartenenti a 32 diversi paesi del mondo e due siti di osservazione posti nei due emisferi per coprire tutta la volta celeste. Lo studio da terra di questa radiazione relativistica cosmica trova le sue motivazioni nella difficile osservazione diretta da satellite dovuta alla natura spettrale di tale radiazione con energie al di sopra del centinaio di GeV. La rivelazione indiretta della radiazione gamma proveniente da scenari astrofisici estremi così come lo studio, altrimenti inaccessibile, dell'origine dei raggi cosmici, fa uso di appropriate tecniche di analisi e innovative metodologie di osservazione. La possibilità di studiare la conformazione ad alta energia di scenari cosmici violenti, come quelli che si possono trovare in prossimità di stelle di neutroni o di buchi neri, dà la possibilità di fare chiarezza su tematiche di alto interesse scientifico quali la natura della materia oscura e l'esistenza di nuove particelle. Questa presentazione vuole illustrare la struttura dei telescopi gamma, le tecniche di osservazione, la tipologia di analisi degli sciami atmosferici prodotti da raggi gamma cosmici di altissima energia tramite l'emissione di radiazione Cherenkov.

**Frontiera dell'Energia / 76**

## Fisica dell'angolo $\theta$ nella QCD a 2 colori: carica barionica fissa e dinamica quasi conforme

**Author:** Alessandra D'Alise<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Napoli U. and INFN Napoli*

**Corresponding Author:** alessandra.dalise@unina.it

In questo seminario presenterò l'impatto della dinamica del  $\theta$ -angle sulle proprietà del vuoto per 2-color QCD a carica barionica non nulla e in funzione del numero di campi della materia, il modello di rottura della simmetria chirale e lo spettro della teoria. In particolare, in tale lavoro, mostriamo che il vuoto acquisisce una struttura ricca quando l'operatore topologico CP sottostante viene aggiunto alla teoria. Scopriamo nuove fasi e analizziamo l'ordine delle loro transizioni caratterizzando le dinamiche del numero dispari e pari dei sapori. Inoltre, studiamo l'impatto della fisica del  $\theta$ -angle sulla dinamica quasi conforme del settore barionico a grande carica delle teorie di gauge SU(2) con  $N_f$  fermioni nella rappresentazione fondamentale.

Caricando il settore barionico della teoria in un background gravitazionale non banale determiniamo lo stato di vuoto e lo spettro. Tramite la state-operator correspondence, calcoliamo le correzioni alle dimensioni conformi dei lowest large-charge operators in funzione del  $\theta$ -angle.

I risultati dovrebbero anche informare meglio le applicazioni fenomenologiche del modello che vanno dalla fisica del composite Higgs ai modelli di materia oscura fortemente interagenti.

Frontiera dell'Energia / 77

## Testare il Modello Standard a alta energia: l'angolo di mixing debole

Author: Clara Lavinia Del Pio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pavia U. and INFN Pavia

Corresponding Author: claralavinia.delpio01@universitadipavia.it

Lo sviluppo delle frontiere di energia ed intensità agli acceleratori permetterà di testare la possibile esistenza di fisica oltre il Modello Standard, sia in modo diretto che indirettamente attraverso misure di precisione, rendendo visibili potenziali discrepanze tra previsioni teoriche e risultati sperimentali. In tale contesto, la misura dei parametri fondamentali del Modello Standard, cioè masse e costanti di accoppiamento, riveste un ruolo centrale. Esempi di misure di precisione a LHC sono la misura della massa del bosone W e quella dell'angolo di mixing debole.

In particolare, l'angolo di mixing debole, cruciale nel descrivere la struttura di gauge della teoria elettrodebole, non è finora mai stato misurato a energie maggiori del picco del bosone Z. Dalle misure di Drell-Yan neutro si può determinare l'angolo di mixing debole effettivo, intrinsecamente legato alla scala di massa di Z; tuttavia, ad alta energia è possibile utilizzare questi dati anche per la determinazione del running dell'angolo di mixing, che descrive come varia il parametro con la scala di rinormalizzazione.

In questo contributo, viene analizzata la sensibilità di LHC e HL-LHC a una misura dell'angolo di mixing debole a energie dell'ordine del TeV, attraverso una nuova implementazione del generatore Monte Carlo POWHEG-BOX, in cui il parametro è definito nello schema di rinormalizzazione  $\overline{MS}$  al next-to-leading order. La misura dell'angolo di mixing debole a queste scale di energia renderebbe possibile un test del running previsto dal Modello Standard in un regime finora inesplorato.

Frontiera dell'Energia / 78

## Studio della sensibilità di processi di produzione tribosonica ad operatori EFT di dimensione 6 ad LHC

Author: Cristiano Tarricone<sup>1</sup>

<sup>1</sup> U. Torino and INFN Torino

Corresponding Author: cristiano.tarricone@cern.ch

Lo studio che presento è un'analisi nell'ambito del settore elettrodebole del Modello Standard della Fisica delle Particelle, riguardante gli accoppiamenti di gauge tripli e quartici di bosoni vettori.

Questi vertici svolgono un ruolo significativo nei processi di Vector Boson Scattering e di produzione multi-bosonica. Pertanto, la misura precisa degli accoppiamenti di gauge nei processi di produzione tribosonica da collisioni protone-protone ci permette di studiare le proprietà della struttura di gauge del settore elettrodebole del Modello Standard. Eventuali deviazioni dalle previsioni del Modello Standard potrebbero fornire informazioni sulla presenza di termini correttivi di dimensione superiore nel contesto delle Teorie Efficaci di Campo del Modello Standard (SM-EFT). Tali teorie definiscono un quadro teorico che generalizza la Lagrangiana del Modello Standard di dimensione 4 includendo operatori di dimensione superiore, principalmente di dimensione 6 e 8.

In questa presentazione, viene discusso il lavoro che ho svolto nel corso di quest'ultimo anno come parte della mia ricerca di Dottorato. Si tratta di un'analisi a livello partonico che esplora potenziali manifestazioni di nuova fisica oltre il Modello Standard nei processi di produzione tribosonica, a

complemento dello studio precedente sui canali dibosonici. In particolare, viene valutata la sensibilità di questi processi agli effetti cinematici anomali derivanti dalla presenza di operatori di dimensione 6. I risultati, accuratamente esaminati e pronti per essere pubblicati, forniscono preziose informazioni sul settore elettrodebole del Modello Standard e su potenziali fenomeni di nuova fisica.

Poster / 79

## Searching X17 at PADME

**Author:** Elisa Di Meco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** elisa.dimeco@lnf.infn.it

La collaborazione ATOMKI ha recentemente confermato la presenza dell'“anomalia del  $^8\text{Be}$ ” anche nelle distribuzioni angolari dell'  $^4\text{He}$  e del  $^{12}\text{C}$ . Tale anomalia può essere interpretata come la creazione e decadimento di una particella intermedia di massa  $\sim 17$  MeV, di nome X17. Determinare l'esistenza e la natura (vettoriale o pseudo-scalare) di X17 è uno degli obiettivi del Run III di PADME ai Laboratori Nazionali di Frascati. L'esperimento PADME è in grado di produrre X17 in interazioni di positroni su bersaglio fisso di diamante. Già durante il RUN II nel 2020 PADME ha raccolto dati ad un'energia nel centro di massa di 20 MeV. Durante il RUN III appena concluso l'esperimento ha variato l'energia del centro di massa sotto osservazione nella regione 16-17 MeV. Analizzando i diversi set di dati ad energie del centro di massa diverse sarà dunque possibile visualizzare chiaramente eventuali aumenti di sezione d'urto dovuti all'esistenza di X17.

Poster / 80

## Violazione del sapore e del numero leptonico nei decadimenti degli adroni B a LHCb

**Authors:** Gabriele Martelli<sup>1</sup>; Lisa Fantini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** gabriele.martelli@pg.infn.it

Nel Modello Standard della fisica delle particelle, il sapore e il numero leptonico sono quantità conservate, anche se nessuna simmetria fondamentale è associata alla loro conservazione e nonostante la violazione del sapore leptonico sia stata confermata dall'osservazione delle oscillazioni del neutrino. Molti processi che violano la conservazione del sapore leptonico (LFV) o del numero leptonico (LNV) possono essere ricercati utilizzando decadimenti dei mesoni B. L'esperimento LHCb gioca un ruolo molto importante in questo settore. L'osservazione di decadimenti carichi LFV o LNV sarebbe un chiaro segno di Nuova Fisica oltre il Modello Standard.

I risultati più recenti di ricerche di decadimenti LFV e LNV di mesoni B ad LHCb saranno presentati in questo poster. In aggiunta, le prospettive possibili su questo argomento, come la ricerca di leptoni neutri pesanti, saranno discusse.

Poster / 81

## Prova di principio per la misura del momento di dipolo di particelle a breve vita media a LHC

**Author:** Sara Cesare<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** sara.cesare@mi.infn.it

I momenti di dipolo elettromagnetici sono proprietà statiche di particelle, sensibili a effetti di fisica oltre il modello standard.

Un'osservazione del momento di dipolo elettrico di barioni e leptoni dimostrerebbe l'esistenza di fenomeni oltre il modello standard mentre la misura del momento di dipolo magnetico di barioni è indispensabile per modellizzare l'interazione forte. Sia il momento di dipolo elettrico che quello magnetico si possono determinare dalla precessione dello spin della particella stessa in un campo elettromagnetico sufficientemente intenso. È stato proposto un esperimento a traghettata fissa per la misura del momenti di dipolo elettrico e magnetico di barioni con charm a LHC che sfrutta il fenomeno della canalizzazione delle particelle in cristalli curvati. I momenti di dipolo possono essere infatti misurati studiando la precessione dello spin indotta dal campo elettromagnetico presente tra i piani atomici dei cristalli. Una prima prova sperimentale è prevista entro la fine del Run3 a IR3, una delle due regioni di collimazione di LHC. Verrà utilizzato un primo cristallo curvato per estrarre una porzione del fascio di protoni a 7 TeV di LHC. I protoni estratti interagiranno con una traghettata e i barioni prodotti verranno canalizzati da un secondo cristallo curvato. Una o più stazioni di tracciamento, dotate di sensori a pixel, verranno posizionate a valle dei cristalli per effettuare una prima misura di efficienza di canalizzazione e uno studio dei fondi del processo di produzione dei barioni.

Si discuteranno gli obiettivi della prova sperimentale per dimostrare la fattibilità della tecnica e le prospettive future per un esperimento a LHC.

Poster / 82

## Studio del decadimento $\Lambda_b^0 \rightarrow D^0 p K^-$ per una misura di violazione di CP e per determinare l'angolo $\gamma$ della matrice CKM

**Author:** Chiara Mancuso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** chiara.mancuso@mi.infn.it

La violazione di CP è prevista nel Modello Standard attraverso il meccanismo di mescolamento dei quark di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) ed è un fenomeno osservato sperimentalmente nei decadimenti dei mesoni  $K$ ,  $B$  e  $D$ .

La violazione di CP nei decadimenti dei barioni è prevista in modo simile ai mesoni ma non è stata ancora osservata sperimentalmente.

A questo scopo viene presentato uno studio del decadimento  $\Lambda_b^0 \rightarrow D^0 p K^-$  effettuato su un campione di dati di collisioni protone-protone, corrispondente a una luminosità integrata di  $9 \text{ fb}^{-1}$ , raccolti con il rivelatore LHCb. In particolare vengono studiati i decadimenti  $\lambda_b^0 \rightarrow D^0 p K^-$  con  $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$  (Cabibbo favorito) e con  $D^0 \rightarrow K^- K^+$  e  $D^0 \rightarrow \pi^- \pi^+$  (CP-pari) proposti nel metodo Gronau-London-Wyler (GLW) per il calcolo di  $\gamma$ .

L'obiettivo è quello di misurare asimmetrie di violazione di CP dalle quali estrarre successivamente l'informazione sull'angolo  $\gamma$  della matrice CKM. Saranno presentati gli studi di fattibilità della misura proposta e le prospettive per il futuro.

Poster / 83

## Stato dell'esperimento MUonE

**Author:** Eugenia Spedicato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** [espedica@bo.infn.it](mailto:espedica@bo.infn.it)

L'esperimento MUonE intende misurare con metodo innovativo il contributo della polarizzazione del vuoto al momento magnetico del muone, la cui determinazione teorica costituisce la principale incertezza della predizione teorica del  $g-2$ . Nel 2021 e 2022 sono stati effettuati i primi test sul funzionamento dei moduli di tracciamento in silicio e del calorimetro elettromagnetico. Nel 2023 è stato programmato un run volto a convalidare la scelta metodologica e tecnologica e a finalizzare la proposta conclusiva del progetto. Verrà presentato l'attuale stato e le prospettive di MUonE.

Poster / 84

## A data-driven method for antiproton background measurement in Mu2E

**Author:** Namitha Chithirasreemadam<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** [namitha.chithirasreemadam@pi.infn.it](mailto:namitha.chithirasreemadam@pi.infn.it)

The Mu2e experiment will search for the CLFV neutrinoless coherent conversion of muon to electron, in the field of an Al nucleus. The experimental signature of the process is a monochromatic conversion electron (CE) with the energy  $E_{CE} = 104.97$  MeV. CE-like electrons could also come from a number of background processes like the cosmic muons, Decay in Orbit (DIO) of muons stopped in the Stopping Target (ST) or antiprotons (p) produced by the proton beam at the Production Target and annihilating in the ST. Our study concerns the antiproton background measurement. The background induced by p cannot be efficiently suppressed by the time window cut used to reduce the prompt background because the ps are significantly slower than the other beam particles. We are developing a technique for the in-situ measurement of the antiproton background. pp annihilation in the ST is the only source of events in Mu2e with two tracks, simultaneous in time, each with a momentum of  $\sim 100$  MeV/c, and we plan to exploit this unique feature. The idea is to identify and reconstruct events with two or more tracks and use them to estimate the background from the pp annihilation. As the Mu2e detector is optimized for reconstructing single-track events, we are developing an algorithm to reconstruct multi-track events. The talk presents its status and discusses the prospects of the in-situ estimate of the antiproton background.

Poster / 85

## La fisica del Charm a CMS

**Author:** Maria Elena Ascioti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** [mariaelena.ascioti@pg.infn.it](mailto:mariaelena.ascioti@pg.infn.it)

La fisica del charm, ed in particolare lo studio degli stati eccitati del charmonio ( $c\bar{c}$ ) e di stati open charm (un quark  $c$  più uno o più quark di differente flavor), rappresenta un laboratorio molto interessante per indagare la Cromodinamica Quantistica (QCD). In un detector come CMS, che non è provvisto di un sistema specifico per l'identificazione delle particelle (PID), la ricostruzione e

l'identificazione di stati charmati risultano particolarmente impegnative. In questo contributo verrà discussa la prima misura di sezione d'urto di open charm in CMS a  $\sqrt{s} = 13$  TeV da collisioni protone-protone e le prospettive future; si ambisce ad ottenere una misura totale di sezione d'urto di quark charm in funzione dell'energia di centro di massa. L'interesse in tale misura è rafforzato dalla prova che gli stati charmati sono un'ottima sonda per lo studio di interazioni partoniche multiple (MPI), ossia eventi rari in cui due o più coppie partoniche degli stessi protoni interagiscono in maniera forte. Recentemente, l'osservazione della produzione di tripla  $J/\psi$  ha dato prova per la prima volta del triple Parton scattering come meccanismo di produzione. Dopo una breve descrizione della misura, verranno discusse le potenzialità dell'inclusione di un mesone open charm nello stato finale.

Poster / 86

## Il programma CSES-Limadou: i risultati della prima missione e stato di avanzamento di HEPD-02

Author: Marco Mese<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università degli studi di Napoli Federico II

Corresponding Author: marco.mese@na.infn.it

Il programma CSES-Limadou nasce dalla collaborazione fra l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) ed il CNSA (China National Space Administration) ed è dedicato alla realizzazione di una costellazione di satelliti, adibiti al monitoraggio di parametri ionosferici in un ampio spettro di frequenze ed energie. I principali obiettivi della missione sono lo sviluppo di nuovi modelli per studiare l'accoppiamento fra terremoti e perturbazioni ionosferiche, il monitoraggio dell'attività solare e lo studio dello spettro energetico dei raggi cosmici per basse energie, estendendo i dati ottenuti da esperimenti come PAMELA ed AMS.

Ogni satellite è equipaggiato con diversi rivelatori, ottimizzati per la misura di grandezze come il flusso di particelle che precipita dalle fasce di Van Allen, le componenti del campo elettrico e magnetico terrestre, la frequenza di plasma della ionosfera e la sua composizione.

Il primo satellite della costellazione, CSES-01, è stato lanciato il 2 Febbraio 2018 ed il lancio del secondo è programmato per la fine del 2023.

Il contributo italiano alla prima missione è dato dalla realizzazione del rivelatore HEPD (High-Energy Particle Detector), che consente di misurare il flusso e l'energia di protoni ed elettroni in range che vanno da 3 ai 100 MeV per gli elettroni e 30-200 MeV per i protoni.

Per la seconda missione, la collaborazione italiana ha sviluppato anche il rivelatore di campo elettrico EFD (Electric Field Detector), congiuntamente ad una seconda versione di HEPD che prevede diverse migliorie ed ottimizzazioni.

In questo contributo verranno descritti i principali risultati ottenuti dalla missione e lo stato di avanzamento dello sviluppo del secondo satellite.

Nuove Tecnologie / 87

## Rivelatori a tripla GEM per l'upgrade del sistema a muoni dell'esperimento CMS

Author: Antonello Pellecchia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INFN Bari

Corresponding Author: antonellopellecchia@outlook.com

In previsione della Fase 2 di LHC, l'esperimento CMS includerà tre stazioni di rivelatori a tripla GEM (GE1/1, GE2/1 ed ME0) nel suo sistema a muoni per mantenere l'eccellente risoluzione in pT nell'alto background del High-Luminosity LHC e per estendere la sua copertura geometrica alla regione di pseudorapidità in avanti  $2.4 < |\eta| < 2.8$ . Questa presentazione descrive le innovazioni introdotte per

adattare la tecnologia a tripla-GEM per un rivelatore di grandi aree, come i meccanismi di protezione dai danni da scariche, la segmentazione dei fogli e l'ottimizzazione del design dei rivelatori per rate di fondo fino a  $200 \text{ kHz/cm}^2$ . Sono inoltre presentate le prestazioni della stazione GE1/1, già installata in CMS durante il Long Shutdown 2 di LHC, misurate nelle prime collisioni protone-protone; vengono infine mostrate le prestazioni di rivelatori per le stazioni GE2/1 ed ME0 misurate in test beam alla CERN North Area con l'elettronica di front-end finale.

Poster / 88

## Stato della produzione delle camere GEM per l'esperimento CMS al Large Hadron Collider

**Author:** Roberto Campagnola<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** roberto.campagnola@lnf.infn.it

La presentazione fornirà un resoconto sullo stato della produzione delle camere GEM nell'ambito delle attività per l'aggiornamento dell'esperimento CMS al Large Hadron Collider presso il CERN di Ginevra. La tecnologia usata per le camere si basa su l'utilizzo di GEM (Gas Electron Multiplier), fogli di Kapton ricoperti su entrambe le facce da un sottile strato di rame e micro-forati attraverso un processo di bagni chimici. Un opportuno campo elettrico applicato alle facce di rame permette di produrre un segnale elettrico attraverso un processo di amplificazione di carica all'interno dei microfori. Il progetto prevede la produzione di 72 "super-camere" ognuna composta da 4 camere. La produzione è ripartita tra CERN e siti di produzione esterni (LNF, INFN Bari, Ghent, PKU Pechino). Il processo di produzione inizia al CERN con la ricezione dei materiali dai vari fornitori e con i controlli di qualità relativi alla bontà dei materiali e alle loro specifiche meccaniche di produzione. Successivamente le varie componenti delle camere sono spedite presso i siti di produzione per ulteriori controlli di qualità e assemblaggio. Completati i test presso i siti di produzione, la camera è inviata al CERN per i test su stabilità ad alta tensione, integrazione dell'elettronica, cosmic test e assemblaggio finale. Al momento sono state assemblate 51 camere.

Nuove Tecnologie / 89

## Upgrade del Tracker per la fase ad alta luminosità dell'esperimento CMS a LHC

**Author:** Rudy Ceccarelli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** ceccarelli@fi.infn.it

Uno dei principali progetti dell'upgrade di CMS in vista del funzionamento di LHC ad alta luminosità è la sostituzione del Tracker attuale. Il nuovo rivelatore sarà composto da: una parte interna a pixel (Inner Tracker) progettata per garantire un'efficiente ricostruzione di traccia con rate di particelle fino a  $750 \text{ MHz/cm}^2$  e per funzionare fino ad un livello di Total Ionizing Dose di 500 Mrad e flussi di adroni pari a  $10^{16} n_{eq}/\text{cm}^2$ ; una parte esterna (Outer Tracker) basata sul concetto dei cosiddetti pT-module e progettata per contribuire al trigger di livello L1 di CMS ricostruendo ad un rate di 40 MHz tutte le tracce con  $p_T > 2 \text{ GeV}$  entro una latenza di  $4 \mu\text{s}$ , anche in condizioni di funzionamento di LHC con 200 eventi di pile-up. A sei anni dall'entrata in funzione del nuovo rivelatore, le principali scelte tecnologiche sono state effettuate ed è iniziata la fase di (pre)produzione delle varie componenti. Questo contributo descrive lo stato di avanzamento del progetto sottolineando gli aspetti sui quali la comunità italiana è principalmente coinvolta.



Poster / 90

## Caratterizzazione dei rivelatori a pixel ultra-resistenti alle radiazioni per la fase ad alta luminosità dell'esperimento CMS a LHC

**Author:** Martina Manoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università degli Studi di Milano-Bicocca*

**Corresponding Author:** martina.manoni@cern.ch

In questa presentazione verranno illustrate le prestazioni dei sensori a pixel di Silicio sviluppati per la fase ad alta luminosità dell'esperimento CMS a LHC (HL-LHC). I sensori, sia planari che 3D, sono di tipo n-in-p e presentano uno spessore attivo pari a  $150 \mu\text{m}$ , ed una dimensione di cella pari a  $25 \times 100 \mu\text{m}^2$ . I prototipi sono stati letti tramite il chip di lettura CROC, sviluppato da CMS in collaborazione con RD53 per HL-LHC. Verranno illustrate le prestazioni di moduli letti da un singolo chip in test su fascio prima e dopo l'irraggiamento con protoni a fluenze fino a  $1 \times 10^{16} n_{eq}/\text{cm}^2$ , e dei primi moduli quadrupli, i.e. letti da quattro chip, prima dell'irraggiamento.

Poster / 91

## Risultati della produzione della pre-serie e dei test di QA/QC sui pannelli di readout del nuovo layer delle camere di trigger per l'upgrade di fase 2 dello spettrometro per muoni di ATLAS

**Author:** Gregorio Falsetti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università della Calabria*

**Corresponding Author:** gregoriofalsetti@gmail.com

In vista dell'upgrade Alta Luminosità di LHC (HL-LHC), l'esperimento ATLAS aggiungerà un nuovo strato di camere per il trigger RPC nella regione barrel dello spettrometro per muoni. Questa nuova generazione di camere RPC userà una gap di gas da 1mm e un singolo tipo di strip di readout accoppiate a un'elettronica di front-end capace di determinare entrambe le coordinate nel piano del detector. Le procedure per assemblare i pannelli di readout e i risultati dei test di QA/QC sui pannelli della pre-serie verranno qui riportati.

Nuove Tecnologie / 92

## Qualifica di moduli a pixel per ITk con chip di readout ITkPixV1 e i primi sensori 3D di pre-produzione di FBK

**Author:** Leonardo Vannoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** leonardo.vannoli@ge.infn.it

Per far fronte all'aggiornamento ad alta luminosità chiamato High Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC), l'esperimento ATLAS sostituirà l'attuale rivelatore interno con il tracciatore ITk, un nuovo sistema di tracciamento integralmente al silicio, dotato di moduli equipaggiati di sensori pixel 3D nello strato più interno (L0). Le dimensioni delle celle dei pixel saranno  $25 \times 100 \mu\text{m}^2$  nel barrel e  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$  nell'endcap, con un solo elettrodo di read-out al centro di ogni pixel e quattro elettrodi di

bias agli angoli.

Al termine della fase di ricerca e sviluppo, sono stati prodotti su wafer da FBK i sensori ITk di pre-produzione con di dimensione  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$  e successivamente collegati elettricamente tramite bump-bonding ai chip ITkPixV1.1 presso l'IZM.

Presso i laboratori di Genova, i questi moduli sono stati assemblati su Single Chip Card (SCC). Le SCC sono state testate sia presso i laboratori di Genova che tramite test su fascio. Una parte dei moduli testati sono stati precedentemente irraggiati presso Bonn e presso la struttura IRRAD del CERN.

Vengono qui presentati i risultati preliminari della loro caratterizzazione dopo l'irraggiamento, comprese le misure effettuate durante le campagne di test su fascio presso la struttura SPS del CERN nell'estate del 2022.

Poster / 93

## Risultati sul primo sistema di test multi-modulo per l'Endcap del rivelatore ATLAS ITk Pixel

Author: Simone Ravera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: [simone.ravera@ge.infn.it](mailto:simone.ravera@ge.infn.it)

Con il programma di alta luminosità del Large Hadron Collider (HL-LHC) il rivelatore ATLAS sarà sottoposto a severi livelli di radiazione, per questo motivo il sistema tracciante del rivelatore sarà interamente sostituito con un nuovo tracciante completamente al silicio: l'Inner Tracker (ITk). Il rivelatore avrà 5 layer di moduli a pixel, organizzati in tre parti meccaniche indipendenti. L'Inner System (IS) includerà i due layer più vicini alla beam pipe mentre l'Outer System (OS) sarà diviso in un Outer Barrel (OB), composto dai tre layer più esterni organizzati in sezioni di stave piane e inclinate, e due Outer Endcaps (ECs) organizzate in tre paia di half-shell concentriche che ospiteranno i supporti (Half Rings) sui quali alloggeranno i moduli. Nelle ECs i moduli saranno collocati su strutture semicircolari (Half-Rings) in fibra di carbonio utilizzando una macchina di precisione che sfrutta la tecnica del pick&place. Gli HRs ospiteranno anche un circuito elettrico flessibile comunemente chiamato 'flex tape', i moduli e il flex tape saranno connessi attraverso un PCB flessibile (pigtail) che sarà saldato sul flex tape e fissato con un connettore meccanico sul modulo. A Genova, su un HR di pre-produzione sono stati posizionati alcuni moduli, un flex tape di pre-produzione e i rispettivi pigtails. Nel poster saranno mostrati i risultati della procedura di posizionamento dei moduli e della validazione della saldatura del pigtail ai cicli termici. Inoltre verranno illustrati anche i primi risultati ottenuti testando i moduli nello schema di alimentazione seriale, in cui il flex tape è stato usato per alimentare tutta la catena di moduli.

Poster / 94

## Sviluppo del firmware della scheda Sector Logic del Barrel dello Spettrometro Muonico dell'esperienza ATLAS per High-Luminosity LHC

Author: Federico Morodei<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: [morodei.1696103@studenti.uniroma1.it](mailto:morodei.1696103@studenti.uniroma1.it)

Lo Spettrometro Muonico del rivelatore ATLAS subirà significative modifiche durante il Long Shutdown 3 (2026-2028) per far fronte ai valori di luminosità istantanea e di livelli di radiazione previsti per High-Luminosity LHC, ben più elevati rispetto ai valori attuali. In particolare, l'intera elettronica

di trigger e readout dei Resistive Plates Chambers verrà sostituita: tutti i dati provenienti da questi rivelatori a gas verranno raccolti dalle schede Data Collector and Transmitter, poste sul rivelatore stesso, e poi inviati alle schede Sector Logic, che dovranno eseguire l'algoritmo di trigger di livello 0 per i muoni della regione del Barrel ed implementare la logica di readout dei dati. Questo contributo presenta una descrizione del sistema di trigger e readout progettato per High-Luminosity LHC dei Resistive Plates Chambers della regione del Barrel del rivelatore ATLAS, focalizzandosi in particolare sullo sviluppo del firmware della scheda Sector Logic.

**Nuove Tecnologie / 95**

## Sulla strada per il Run III di LHC - Le prestazioni della New Small Wheel

**Author:** Luca Martinelli<sup>None</sup>

**Corresponding Author:** luca.martinelli@roma1.infn.it

Le due New Small Wheel (NSW) per l'aggiornamento dello spettrometro di muoni di ATLAS sono ora installate nell'esperimento e pronte a raccogliere dati nel Run III di LHC, che è iniziato a luglio 2022. La NSW è il più grande progetto di aggiornamento della fase-1 del detector ATLAS. Il suo arduo completamento e la sua disponibilità a raccogliere dati sono un risultato notevole della collaborazione. Le due ruote (10 metri di diametro) hanno sostituito le prime stazioni per muoni nelle regioni ad alta pseudo-rapidità di ATLAS e sono dotate di strati multipli di due nuove tecnologie di rivelazione: le small strip Thin Gap Chambers (sTGC) e le MicroMegas (MM). Queste ultime sono utilizzate per la prima volta su larga scala negli esperimenti di fisica delle alte energie. Ogni tecnologia di rivelazione coprirà più di  $1200 m^2$  di area attiva. Il nuovo sistema è stato progettato per assicurare un'elevata efficienza di tracciamento con una ricostruzione di precisione delle tracce dei muoni, insieme a una riduzione della frequenza di trigger proveniente da muoni non reali, in vista dell'incremento degli eventi di fondo del programma Hi-Lumi LHC.

In questa presentazione verranno illustrate le motivazioni dell'aggiornamento della NSW e le fasi dalla messa in funzione all'acquisizione dei dati, nonché i primi risultati ottenuti con i dati del Run III.

**Poster / 96**

## Assemblaggio automatizzato del rivelatore ATLAS ITK PIXEL mediante tecnica Pick&Place per HL-LHC

**Author:** Maria Rita Coluccia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** mariarita.coluccia@le.infn.it

Un significativo potenziamento dell'esperimento ATLAS è in programma per il 2026 e che mira ad accumulare un campione di dati 10 volte più abbondante di quello raccolto fino ad allora, ampliando notevolmente le capacità di scoperta di nuovi fenomeni.

Il potenziamento più importante riguarda il rivelatore tecnologicamente più avanzato: il sistema di ricostruzione dei vertici di interazione delle particelle, posto in prossimità della zona di interazione protone-protone. In ATLAS il rivelatore di vertice sarà un nuovo rivelatore a pixel di Silicio, il più grande mai costruito ( $14 m^2$ ), con una granularità spaziale elevatissima ( $50 \mu m \times 50 \mu m$ ), una formidabile resistenza alla radiazione (1Grad) ed una velocità di trasmissione dati senza precedenti (migliaia di link ottici a 5.12 Gbps). La collaborazione ATLAS italiana ha l'incarico di costruire, installare ed operare una parte significativa del rivelatore di vertice costituita da circa 30 anelli di rivelatori a pixel organizzati meccanicamente in 3 cilindri per un totale di circa  $3 m^2$  di area attiva. L'assemblaggio e la certificazione di qualità degli anelli di rivelatori a pixel sono previste svolgersi nel Dipartimento di Fisica di Genova e Lecce in stretta collaborazione con le rispettive sezioni locali

dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. A tal scopo si sono realizzati due sistemi robotici automatizzati all'avanguardia per l'assemblaggio di precisione degli anelli di rivelatori a pixel, nonché un sistema di controllo e acquisizione dati, basato su sistemi di read-out di ultima generazione per la certificazione di qualità prima dell'integrazione nella struttura cilindrica.

In questo lavoro è descritta la tecnica di assemblaggio dei rivelatori, denominata PickAndPlace, e la sua qualificazione, attraverso la caratterizzazione metrologica e funzionale dei primi prototipi di rivelatori a pixel assemblati.

Poster / 97

## Raffreddamento a CO<sub>2</sub> per l'endcap del rivelatore pixel di ITk dell'esperimento ATLAS

**Authors:** Sonia Carrà<sup>1</sup>; Sonia Carrà<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Università degli Studi di Milano*

<sup>2</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Authors:** [sonia.carra@cern.ch](mailto:sonia.carra@cern.ch), [sonia.carra@mi.infn.it](mailto:sonia.carra@mi.infn.it)

Un aspetto critico dei rivelatori di silicio di grandi dimensioni è il sistema di raffreddamento. Per poter operare nell'ambiente ad alto livello di radiazione di HL-LHC, il sistema deve mantenere stabilmente una temperatura di -30 C per evitare il "reverse annealing", per mantenere sotto controllo l'incremento della corrente di leakage dovuta ai danni da radiazione, e per prevenire il runaway termico del detector. La presentazione illustrerà le principali sfide tecnologiche del raffreddamento a CO<sub>2</sub> a HL-LHC e le soluzioni sviluppate per l'endcap del rivelatore pixel di ITk dell'esperimento ATLAS. I risultati ottenuti con simulazioni di termofluidodinamica FEA sono validati mediante il confronto coi dati raccolti con dimostratori, da un singolo loop di raffreddamento fino a prototipi di un intero layer dell'endcap.

Poster / 99

## eXTP (enhanced X-ray Timing and Polarimetry mission): obiettivi scientifici e sensori

**Author:** Daniela Cirrincione<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** [daniela.cirrincione@ts.infn.it](mailto:daniela.cirrincione@ts.infn.it)

La missione enhanced X-ray Timing and Polarimetry (eXTP) nasce dalla collaborazione tra istituti di ricerca cinesi ed europei ed è stata progettata per studiare lo stato della materia in condizioni estreme di gravità, densità e campo magnetico. Gli obiettivi primari sono la determinazione dell'equazione di stato della materia a densità superiori a quelle nucleari, la misura di effetti di QED in altissimi campi magnetici e lo studio dei dischi di accrescimento in regime di gravità forte. Per fare ciò la missione studierà stelle di neutroni in sistemi binari e isolate, magnetars e buchi neri.

Le osservazioni saranno realizzate grazie alla dotazione strumentale del satellite che permetterà di analizzare simultaneamente spettroscopia, timing e polarimetria delle sorgenti X in un range di energie 0,5-30 keV. La strumentazione comprende: lo Spectroscopic Focusing Array (SFA), il Large Area Detector (LAD), il Polarimetry Focusing Array (PFA) e il Wide Field Monitor (WFM).

L'Istituto INFN-Trieste in particolare è coinvolto in questa missione progettazione e nel test dei Silicon Drift Detectors (SDD) per il LAD e WFM.

Per poter raggiungere gli obiettivi scientifici della missione è necessario che i sensori rispettino delle specifiche molto stringenti. Sono state ideate delle tecniche per valutarne le caratteristiche in modo da effettuare un accurato processo di selezione prima dell'integrazione.

Poster / 100

## Intelligenza artificiale quantistica per l'analisi dati di LHCb

Author: Saverio Monaco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: saverio.monaco@pd.infn.it

Gli algoritmi di intelligenza artificiale sono diventati fondamentali nello studio della Fisica delle Alte Energie. Un tipico problema è quello della classificazione dei getti adronici prodotti agli esperimenti del Large Hadron Collider. Nonostante gli algoritmi di intelligenza artificiale siano sempre più avanzati, rimane la possibilità di migliorarne le prestazioni. Negli ultimi anni sono stati sviluppati algoritmi quantistici di intelligenza artificiale, che sfruttano le proprietà intrinseche della computazione quantistica (come la sovrapposizione tra stati e l'entanglement) per ottenere prestazioni migliori rispetto alla controparte classica. In questa presentazione verrà data una panoramica di questo tipo di algoritmi quantistici, con particolare attenzione alla risoluzione di problemi tipici della Fisica delle Alte Energie. In particolare, verrà presentato uno studio di intelligenza artificiale quantistica per la classificazione di getti prodotti da quark b e b-bar all'esperimento LHCb, con una nota di riguardo sugli ultimi sviluppi in merito alla misurazione dell'entropia di entanglement e delle correlazioni tra qubit.

Astroparticelle e Cosmologia / 103

## Fenomenologia della località relativa trasversa in gravità quantistica con telescopi multi-satellitari

Author: Giuseppe Fabiano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università degli Studi di Napoli*

Corresponding Author: peppefabiano@hotmail.com

L'avvento dell'astronomia multi-messaggero ha dato vita a studi di fenomenologia della gravità quantistica, basati su modelli effettivi che predicono nuova fisica ad energie a noi accessibili. Tra questi, numerosi modelli hanno investigato la possibilità che in gravità quantistica la località possa essere relativa, con associata non linearità dello spazio degli impulsi. Presenterò una classe di modelli in cui la relatività della località influenza le direzioni trasverse al moto delle particelle, dando luogo ad un effetto denominato dual lensing, in cui l'angolo di apertura tra le traiettorie di due particelle dipende dalla differenza di energia tra queste e dal moto relativo tra sorgente ed osservatore. Contestualizzerò la predizione teorica all'interno del paradigma osservativo di telescopi multi-satellitari, adatti a misurare deviazioni angolari tra fotoni.

Astroparticelle e Cosmologia / 104

## Fenomenologia delle relazioni di dispersione modificate in gravità quantistica attraverso osservazioni di gamma ray bursts

Author: Domenico Frattulillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università degli Studi di Napoli*

Corresponding Author: domenico.frattulillo@unina.it

Negli ultimi decenni abbiamo assistito a uno sviluppo della fenomenologia della gravità quantistica, favorito dalle opportunità sperimentali provenienti da osservazioni nel campo dell'astrofisica. Infatti le grandi distanze cosmologiche possono servire da amplificatore per i piccoli effetti Planckiani, rendendoli osservabili con i nostri attuali apparati sperimentali. In questa presentazione parlerò di modelli che presentano deformazioni alla scala di Planck delle leggi di dispersione e delle simmetrie relativistiche nell'ambito delle teorie DSR (relatività doppiamente speciale), che hanno come interessante predizione un ritardo con cui fotoni di energie diverse, emessi simultaneamente da una sorgente lontana, arriverebbero ai nostri telescopi. Tra le sorgenti astrofisiche, i Gamma Ray Bursts rappresentano degli ottimi candidati per testare questo effetto, poichè sono delle esplosioni molto energetiche che si verificano anche a grandi distanze da noi ed emettono in bande di energia molto ampie.

**Astroparticelle e Cosmologia / 105**

## **Analisi degli effetti di gravità non-locale a scala di ammassi di galassie**

**Author:** Filippo Bouche<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Scuola Superiore Meridionale, Napoli*

**Corresponding Author:** filippo.bouche-ssm@unina.it

Le teorie estese della gravitazione sono state studiate in dettaglio negli ultimi trent'anni, con l'obiettivo di trovare soluzioni alle inconsistenze della Relatività Generale e del modello  $\Lambda$ CDM. Recentemente, le teorie non-locali di gravità hanno attirato crescente attenzione grazie alla loro capacità di migliorare il comportamento dell'interazione gravitazionale sia a scala infrarossa che ultravioletta. Le Integral Kernel theories of Gravity forniscono infatti un meccanismo naturale per spiegare l'espansione accelerata dell'Universo, consentendo così di evitare l'introduzione di forme sconosciute di energia oscura. Inoltre, tali teorie rappresentano un ponte naturale verso la gravità quantistica. Presenterò un modello scalar-tensoriale di gravità, caratterizzato da termini non-locali la cui forma è stata selezionata a partire dalle simmetrie di Noether del sistema. Le principali proprietà cosmologiche della teoria saranno illustrate, per poi discutere in dettaglio l'analisi del modello a scala di ammassi di galassie che abbiamo effettuato.

Utilizzando i dati forniti dal programma CLASH, abbiamo analizzato i contributi non-locali all'effetto di lente gravitazionale, ottenendo così le stime per le lunghezze di scala non-locali ed i parametri di Navarro–Frenk–White che verranno presentate.

**Astroparticelle e Cosmologia / 106**

## **Strangelets come materia oscura: impatto sull'evoluzione stellare**

**Author:** Francesco di Clemente<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università degli Studi di Ferrara*

**Corresponding Author:** francesco.diclemente@unife.it

Nel 1984 Edward Witten avanzò l'ipotesi della materia di quark strani come possibile candidata per la materia oscura. Secondo questa ipotesi, durante l'adronizzazione (a circa 150 MeV), la materia si sarebbe aggregata a formare "strangelets" che sarebbero poi parzialmente evaporati in normale materia adronica a causa della temperatura dell'universo ancora alta, prima del processo di nucleosintesi primordiale. Utilizzando questa ipotesi e ipotizzando una distribuzione pre-evaporazione delle dimensioni degli strangelets simile a quella suggerita da Witten, è possibile derivare la distribuzione attuale delle dimensioni degli strangelets che costituirebbero la materia oscura. La materia oscura costituita da strangelets può superare i limiti osservativi attualmente esistenti e ha

importanti conseguenze astrofisiche, in particolare per l'evoluzione stellare, almeno nelle zone dove è più abbondante. In questo contesto, abbiamo studiato l'impatto della materia strana sulla stabilità e sull'evoluzione delle nane bianche in accrescimento e sulle stelle della sequenza principale il cui core collassera' e produrrà una stella compatta. In questo modo abbiamo individuato canali astrofisici che possono portare alla formazione di oggetti compatti di massa subsolare.

Poster / 107

## Studio di rinculi nucleari a bassa energia in una TPC ad Argon Liquido con l'esperimento Recoil Directionality (ReD)

Author: Noemi Pino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: noemi.pino@ct.infn.it

**strong text**Diverse collaborazioni impegnate nella ricerca diretta di materia oscura sotto forma di particelle massive (WIMPs) si dedicano all'esplorazione della cosiddetta regione a "bassa massa" attesa per le WIMPs. Con il futuro esperimento DarkSide-20k, la collaborazione DarkSide, nell'ambito della Global Argon Dark Matter Collaboration (GADMC), mira ad investigare anche questo settore nella regione di massa del  $\text{GeV}/c^2$ . In una Camera a Proiezione Temporale (TPC) bifasica ad argon liquido (LAr) una WIMP interagirebbe per diffusione elastica sui nuclei bersaglio, dando un rinculo nucleare. Se la massa di questa fosse dell'ordine di pochi  $\text{GeV}/c^2$ , ci si aspetterebbe una energia di rinculo nell'intervallo 1-10  $\text{keV}_{nr}$ . Lo studio della risposta di una LAr TPC a segnali di così bassa energia risulta quindi cruciale per la prossima generazione di rivelatori multi-tonnellata. L'esperimento Recoil Directionality (ReD), all'interno della GADMC, è perciò impegnato in una campagna di misure presso la Sezione INFN di Catania con un nuovo apparato sperimentale dedicato. La misura nell'intervallo di energia di interesse viene condotta usando una sorgente di neutroni di energia di circa 2 MeV prodotti da  $^{252}\text{Cf}$  e diretti sulla piccola ( $5 \times 5 \times 6$  cm) LAr TPC di ReD, dotata di fotomoltiplicatori criogenici al Silicio per la lettura dei segnali ottici. In questo contributo verranno presentati il nuovo apparato sperimentale e le strategie adottate nella presa dati, attualmente in corso.

Poster / 108

## Rivelazione dei neutrini da esplosioni stellari in JUNO

Author: Claudio Lombardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

Corresponding Author: claudio.lombardo@ct.infn.it

JUNO è l'acronimo inglese per Jiangmen Underground Neutrino Observatory, un osservatorio sotterraneo per neutrini che si trova nella città di Jiangmen, in Cina. Esso sarà il più grande rivelatore ad utilizzare un liquido scintillante per rivelare neutrini. Attualmente in costruzione, JUNO utilizzerà 20 kton di liquido scintillante e sarà equipaggiato con circa 18000 fotomoltiplicatori da 20 pollici e con circa 26000 fotomoltiplicatori da 3 pollici per catturare la luce emessa durante la scintillazione. JUNO potrà rivelare neutrini e antineutrini emessi da diversi sorgenti tra cui quelli emessi durante le esplosioni stellari. In particolare, si potranno studiare sia il flusso residuale dei neutrini emessi nelle passate esplosioni che quello dovuto a un'esplosione avvenuta durante la vita attiva dell'Osservatorio. Sfruttando i diversi canali di rivelazione, l'alta risoluzione energetica (3% a 1 MeV) e la capacità di rivelare neutrini di tutte le famiglie leptoniche, JUNO avrà un ruolo di primo piano a livello mondiale nello studio di questi fenomeni. A tal proposito, un sistema di trigger incentrato sull'astronomia multimessaggera è stato sviluppato appositamente per JUNO. Le potenzialità di JUNO nel rivelare i neutrini prodotti dalle Supernovae verranno presentate e discusse in questa comunicazione.

**Poster / 109**

## **Il photon detection system dell'esperimento DUNE**

**Author:** Federico Galizzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** fedegal99@gmail.com

DUNE è l'esperimento flagship per la fisica delle oscillazioni di neutrini negli Stati Uniti ed è attualmente in costruzione presso il Fermilab e il laboratorio sotterraneo SURF (South Dakota). L'esperimento si basa sulla tecnologia delle liquid argon TPC sviluppate in Italia a partire dagli anni 80 e possiede un sistema innovativo (X-ARAPUCA) per la rivelazione dei fotoni di scintillazione dell'argon nell'estremo ultravioletto (128 nm). Nel poster presenterò i risultati che validano le performance di questo sistema, ottenuti al CERN e presso il Dipartimento di Milano Bicocca nel 2022. In particolare, discuterò le performance dei fotosensori criogenici customizzati per DUNE e l'elettronica di front end (amplificatore criogenico e scheda DAPHNE) dimostrando la sensibilità del sistema al singolo fotoelettrone con un rapporto segnale-su-rumore  $> 4$ . Presenterò infine i risultati di questo sistema nei test ("cold box tests") effettuati durante l'installazione in ProtoDUNE-HD e ProtoDUNE-VD nel 2023.

**Nuove Tecnologie / 111**

## **Simulazione e algoritmi di ricostruzione per il rivelatore IDEA**

**Author:** Adelina D'Onofrio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università di Roma 3*

**Corresponding Author:** adelina.d'onofrio@cern.ch

IDEA (Innovative Detector for Electron-positron Accelerators) è una proposta di un rivelatore che potrebbe operare ad un futuro collisore e+e- che funzioni come "Higgs factory" come FCC-ee. Il rivelatore IDEA è costituito da un rivelatore di vertice al silicio, una camera a drift molto grande e molto leggera circondata da uno strato di rivelatori al silicio, un magnete superconduttore super-sottile di bassa massa, un rivelatore pre-shower e un calorimetro a fibre "dual-readout", e delle camere a muoni all'interno del ferro di ritorno di magnete. La ricerca e sviluppo condotta in laboratorio e le prese dati ai vari test beam per misurare le prestazioni dei prototipi dei vari sottomoduli, devono essere accompagnate da una verifica che queste prestazioni siano quelle adeguate per soddisfare il vasto programma di fisica di FCC-ee. La descrizione di IDEA è stata quindi implementata in una simulazione dettagliata con Geant4 ma anche in una simulazione veloce con Delphes. In questa relazione si descrive lo stato delle simulazioni e il risultato di studi ottenuti nel contesto di analisi di fisica per FCC-ee. La disponibilità della descrizione dettagliata del rivelatore ha permesso lo sviluppo di algoritmi di ricostruzione che forniscono l'identificazione delle particelle (PID) e del sapore dei getti adronici (tagging), utilizzando tecniche originali come il "cluster counting". Sono in fase di sviluppo anche nuovi algoritmi per l'identificazione dei tau nel calorimetro con metodi innovativi di machine learning che saranno inclusi nella ricostruzione globale dell'evento con "particle flow".

**Nuove Tecnologie / 112**

## **Sistemi criogenici per il raffreddamento dei payload di Einstein Telescope**

**Author:** Valentina Mangano<sup>1</sup>



<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** valentina.mangano@roma1.infn.it

Einstein Telescope (ET) è un rilevatore di onde gravitazionali di terza generazione che coprirà un ampio spettro di frequenze misurabili da terra, con particolare attenzione alle basse frequenze da pochi Hz fino a 10 Hz (ET-LF). A queste frequenze, per raggiungere una sensibilità almeno dieci volte migliore rispetto a quella degli attuali rivelatori, ET dovrà sviluppare tecnologie innovative che permetteranno di ridurre le sorgenti di rumore, in particolare quelle di natura termica. Sarà, quindi, necessario raffreddare le ottiche principali di ET e le loro sospensioni (payload) a temperature criogeniche (10 - 20 K) e ciò richiederà lo sviluppo di nuove tecniche di raffreddamento, apparati criogenici a basso rumore e studio di materiali ad alta conducibilità termica e bassa dissipazione meccanica. È estremamente importante non solo garantire un collegamento termico efficiente tra il payload e il sistema di raffreddamento, ma anche preservare l'isolamento meccanico e quindi non introdurre eccessive vibrazioni all'intero sistema. Il sistema di raffreddamento previsto per ET-LF è basato sulla tecnologia dei pulse-tube, ma è in studio anche un sistema che prevede l'uso dell'elio-4 superfluido.

**Nuove Tecnologie / 113**

## Lunar Gravitational Wave Antenna

**Author:** Jacopo Tissino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Gran Sasso Science Institute*

**Corresponding Author:** jacopo.tissino@gssi.it

La Lunar Gravitational Wave Antenna (LGWA) è un rilevatore di onde gravitazionali in fase di progettazione. A differenza degli interferometri attualmente utilizzati sulla Terra, misurerà la risposta alle onde gravitazionali della Luna stessa tramite quattro stazioni equipaggiate con sismometri. Questi dovranno essere estremamente sensibili, dell'ordine del fm/ $\sqrt{\text{Hz}}$ , e sono attualmente in fase di sviluppo.

Per limitare il rumore termico, a partire dalle temperature dell'ordine di decine di gradi Kelvin che si possono trovare nelle regioni permanentemente in ombra al polo Sud lunare, si scenderà a singoli gradi Kelvin tramite un criostato.

L'attività sismica lunare creerà rumore, ma già i sismometri delle missioni Apollo ci indicano che questa è molto inferiore a quella della Terra. Tutto ciò permetterà di raggiungere una sensibilità ottima nella banda del deciHertz, a frequenze più basse di quelle raggiungibili dai rilevatori terrestri del prossimo decennio (Einstein Telescope e Cosmic Explorer), e più alte di quelle raggiungibili dal rilevatore spaziale LISA.

**Nuove Tecnologie / 114**

## Progettazione di un calorimetro adronico con MPGD per collisori futuri

**Author:** Anna Stamerra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** anna.stamerra@ba.infn.it

I futuri collider ad alta energia si pongono come obiettivo quello di integrare ed estendere il programma di fisica di LHC, spingendo la frontiera dell'energia oltre i limiti attuali e cercando nuova fisica con misure di precisione nell'ambito del Modello Standard. Questi obiettivi pongono elevati standard in termini di precisione sulle misure, per esempio, nel settore dell'Higgs e del quark top,

che si traducono in richieste sui parametri di progetto dei rivelatori. In particolare, nel settore della calorimetria, queste richieste si traducono in una risoluzione energetica sul singolo jet di  $\sigma(E)/E < 3.5\%$ .

L'algoritmo di ricostruzione Particle Flow consente di raggiungere tali prestazioni, utilizzando una ricostruzione 4D dei jet basata sulla combinazione di informazioni spaziali e temporali. I calorimetri Particle-Flow necessitano di elevata granularità sia nella direzione trasversa che in quella longitudinale rispetto alla direzione dei jet.

Questo contributo mostra gli studi attualmente ancora in fase di sviluppo effettuati su una proposta innovativa per un calorimetro adronico a campionamento basato su tecnologia MPGD resistiva per gli strati attivi. Gli MPGD offrono infatti una tecnologia veloce e robusta in condizioni di alta radiazione e alta granularità per precise misure spaziali. Per questi motivi, questo rivelatore può offrire grandi potenzialità nel contesto di un esperimento a un futuro Muon Collider, in cui le condizioni di elevata radiazione indotta dal decadimento dei muoni del fascio richiedono l'utilizzo di tecnologie resistenti alla radiazione. Sono mostrate, quindi, la progettazione del rivelatore e l'ottimizzazione preliminare del layout simulate con il software Geant4. In parallelo, è portata avanti la preparazione e costruzione di un prototipo di calorimetro con MPGD resistivi da testare in futuri test beam.

Poster / 115

## Cluster Counting e Timing: una tecnica per ridurre la quantità di dati trasferiti dalle camere di deriva e migliorare le prestazioni spaziali e PID

Author: Gianluigi Chiarello<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INFN

Corresponding Author: gianluigi.chiarello@infn.it

I segnali letti da una camera di deriva vengono da prima amplificati e poi successivamente convertiti da analogico a digitale con un flash ADC, salvati per poi effettuare l'analisi. I segnali prodotti sono formati da diversi atti di ionizzazione dovuti al passaggio della all'interno della camera. L'applicazione della tecnica CCT (Cluster Counting/Timing) permette una migliore capacità PID con risoluzioni che superano le consuete tecniche  $dE/dx$ . La tecnica Cluster Counting/Timing consiste nell'isolare impulsi dovuti a diversi cluster di ionizzazione, per far ciò è necessario disporre di un'interfaccia per la lettura in grado di elaborare segnali veloci. Ciò richiede una catena di acquisizione dati, per gestire i segnali di bassa ampiezza provenienti dai fili di rilevamento. Le Camera a deriva ultra leggere e ad alta granularità con la tecnica CCT soddisfano i requisiti dei sistemi di tracciamento dei moderni esperimenti di fisica delle alte energie e per la ricerca di processi estremamente rari (MEG-II a PSI) e per un esperimento nei futuri acceleratori ad alta luminosità (FCC o CEPC per il quale è stato proposto). Per i primi è richiesta un'alta risoluzione (ordine di 100 KeV/c) per momenti di particella dell'ordine di 50 MeV/c, totalmente dominati da contributi scattering multiplo; per i secondi alla capacità di raggiungere le risoluzioni e prestazioni di velocità attese, l'applicazione della tecnica Cluster Counting/Timing aggiunge una migliore prestazione di identificazione delle particelle (PID) ben oltre quella della maggior parte dei rivelatori progettati per l'attuale generazione. Il conteggio dei cluster, che misura il numero di ionizzazioni primarie ( $dN/dx$ ) invece della perdita di energia ( $dE/dx$ ) lungo la traiettoria delle particelle in un rivelatore gassoso, ha un grande impatto sul PID. La natura poissoniana del  $dN/dx$  offre un modo statisticamente più significativo di misurazione della ionizzazione, il che rende il  $dN/dx$  potenzialmente dotato di una risoluzione due volte migliore del  $dE/dx$ . La determinazione del tracciamento delle particelle è uno degli aspetti più importanti per la ricostruzione degli eventi nei collisori di adroni. Viene presentata una scheda elettronica che include un amplificatore e ADC letto da una FPGA per l'elaborazione in tempo reale dei segnali provenienti da una camera di deriva. Inoltre, vengono confrontate varie implementazioni di algoritmi per la ricerca dei picchi.

Poster / 116

## Il rivelatore IDEA per FCC-ee

**Author:** Nicola De Filippis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università e Politecnico di Bari*

**Corresponding Author:** nicola.de.filippis@cern.ch

Il futuro collider circolare e+e- (FCCee) è un punto focale dell'attività del "FCC Feasibility Study" attualmente in corso e che fornirà un contributo alla nuova istanza della "European Particle Physics Strategy Update" per scegliere la macchina da costruire dopo HL-LHC. In questa relazione, sarà presentato IDEA, un concetto di rivelatore ottimizzato per FCC-ee e composto da un rivelatore di vertice al silicio basato su DMAPS, una camera a deriva estremamente leggera, uno strato di silicio al suo esterno, un calorimetro a "dual-readout" all'esterno di un solenoide superconduttore sottile di 2 Tesla, e camere per la rivelazione dei muoni all'interno del ritorno del magnete. Saranno discussi i requisiti imposti dal programma di fisica sulle prestazioni che devono essere fornite dal rivelatore e le soluzioni tecniche suggerite per soddisfarli. Sarà poi descritto il programma di R&D dei rivelatori che è attualmente in corso.

Poster / 117

## Progettazione meccanica della regione di interazione del Future Circular Collider e+ e-

**Author:** Francesco Fransesini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** francesco.fransesini@lnf.infn.it

Nell'ambito delle nuove tecnologie di rilevante importanza sono i progetti sui futuri acceleratori. Il mio lavoro è incentrato sulla progettazione meccanica della regione di interazione del Future Circular Collider e+e- FCC-ee. In particolare la mia attività consiste nella progettazione meccanica della camera da vuoto della regione di interazione, nell'integrazione dei componenti che compongono la IR e nella progettazione e ottimizzazione strutturale dei supporti dei vari componenti. Per quanto riguarda la progettazione della camera da vuoto è sfidante progettare una struttura in grado di rispettare gli alti standard previsti dal progetto. Per far ciò è stato realizzato il disegno meccanico della camera, è stata eseguita l'analisi termo-strutturale per la validazione del design ed è stato definito un primo approccio costruttivo per la realizzazione. Riguardo l'integrazione dei vari componenti è necessario valutare le problematiche derivanti dall'assemblaggio di ogni singolo componente, per far ciò è stata definita una sequenza di assemblaggio di primo tentativo in grado di assicurare il corretto assemblaggio e posizionamento. L'ultimo aspetto, riguardante la progettazione dei supporti e la conseguente ottimizzazione strutturale, è di vitale importanza per ottenere un livello di progettazione all'altezza del progetto e garantire gli standard qualitativi. Per far ciò sono state analizzate le più utilizzate tecniche di ottimizzazione strutturale insieme alle nuove metodologie. Nella mia presentazione illustrerò la mia attività di design meccanico della regione di interazione di FCC-ee, includendo l'integrazione del vertex e outer tracker detector, realizzata nell'ambito del MDI study group.

Poster / 118

## Inferenza su FPGA di algoritmi di trigger basati su Deep Neural Network per la selezione di particelle a lunga vita media ai Colliders

**Author:** Lucrezia Rambelli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *University of Genova, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** lucrezia.rambelli@ge.infn.it

La fisica sperimentale delle particelle necessita di un sofisticato sistema di trigger e di acquisizione dati in grado di selezionare gli eventi di potenziale interesse per gli studi di fisica. L'elaborazione eterogenea dei dati tramite schede acceleratrici FPGA ha le potenzialità di diventare la tecnologia di tendenza per la selezione di trigger per il programma di alta luminosità del Large Hadron Collider del CERN. In questo contesto si è investigato lo sviluppo di algoritmi di Machine Learning con diverse architetture per la selezione eventi di nuova fisica contenenti decadimenti nel volume dello spettrometro a muoni di particelle neutre a lunga vita media. Gli algoritmi sviluppati sono stati studiati in termini di accuratezza e di tempo di inferenza quando accelerati, tramite la piattaforma di sviluppo Vitis-AI di Xilinx, su schede FPGA. Le prestazioni del tempo di inferenza sono state confrontate inoltre con una configurazione hardware basata su CPU e GPU.

I risultati di questo lavoro mostrano come con l'impiego di tecnologie di accelerazione per i sistemi di trigger si possano migliorare significativamente la latenza e la reattività complessiva di un sistema di selezione di trigger di alto livello, se adeguatamente equipaggiata con acceleratori.

Poster / 119

## Un nuovo rivelatore per monitorare lo scioglimento dei ghiacciai tramite tomografia a muoni

**Author:** Sara Rabaglia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Università di Bologna*

**Corresponding Author:** sara.rabaglia2@unibo.it

Lo scioglimento dei ghiacciai è un processo non completamente compreso ed è considerato uno dei temi caldi nel panorama del surriscaldamento globale. Viene presentato un progetto che prevede lo sviluppo di un rivelatore per applicare la tecnica della tomografia a muoni al monitoraggio e allo studio dei ghiacciai. La tomografia a muoni è una tecnica ampiamente diffusa e impiegata per studiare la struttura interna di oggetti molto grandi, come vulcani, container e piramidi. Si basa sul flusso naturale di muoni che raggiunge la superficie della terra ( $\sim 70 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ ), prodotto dall'interazione tra i raggi cosmici primari e i nuclei nell'alta atmosfera. La differenza tra il flusso di muoni misurato con o senza l'oggetto studiato nel campo visivo, permette di ricavare lo spessore del materiale attraversato dai muoni. Nel caso dei ghiacciai, grazie alla diversa densità tra roccia e ghiaccio, la misura del flusso direzionale permette di ottenere informazioni sullo spessore del ghiaccio e sull'interfaccia ghiaccio-roccia. Lo scopo del progetto è di sviluppare un rivelatore capace di misurare lo spessore del ghiacciaio con un relativamente breve tempo di esposizione e con una presa dati in real-time, per studi sull'andamento stagionale e l'evoluzione negli anni dello scioglimento dei ghiacciai. Il rivelatore potrà lavorare in open-sky, sarà portatile e facilmente riproducibile. Per soddisfare tutte queste richieste, il design del rivelatore prevede 5 moduli, ognuno dei quali composto da 2 piani di bundles di fibre scintillanti, disposte ortogonalmente un piano rispetto all'altro, per ricavare le tre coordinate di ogni hit. Il sistema scelto per l'acquisizione del segnale si basa su SiPMs pilotati e letti da schede FERS, sviluppate dalla CAEN s.p.a., con la quale stiamo collaborando per i test preliminari sulla catena di read-out.

Poster / 123

## Progettazione e prestazione dei moduli ATLAS ITk Pixel

**Author:** Anna Raquel Petri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** anna.petri@mi.infn.it

Il rivelatore ITk pixel è costituito di pixel ibridi. Le sue unità funzionali sono moduli multi-chip: circa 10000 sensori planari letti da 4 chip front-end sviluppati dalla collaborazione RD53, e 400 tripletti con sensori 3D. I moduli devono soddisfare severi requisiti energetici e meccanici e garantire affidabilità a lungo termine nell'ambiente ostile dell'LHC. Verranno esaminati il processo di produzione e le prestazioni dei moduli letti dal chip RD53A e della prototipazione iniziale con front-end ITkPixV1. Particolare enfasi sarà data a una delle sfide critiche: l'interconnessione ad alta densità tra front-end e sensori, che deve sostenere lo stress meccanico indotto dalla contrazione termica dell'ibrido di lettura alla temperatura operativa di  $-30^{\circ}\text{C}$ . È stata condotta un'analisi FEA dettagliata per comprendere le prestazioni di bump-bonding di diverse tecnologie di interconnessione e per fornire input alla progettazione dei moduli.

**Nuove Tecnologie / 124**

## Machine Learning e Polarimetria X: un nuovo algoritmo per la ricostruzione delle tracce nei Gas Pixel Detector

**Author:** Niccolò Cibrario<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNITO

**Corresponding Author:** nicolo.cibrario@unito.it

Il nostro studio riguarda misure di polarimetria nella banda X in astrofisica, tramite la ricostruzione delle tracce dei foto-elettroni nei Gas Pixel Detector (GPD). Il GPD sfrutta le proprietà dell'effetto fotoelettrico per misurare la polarizzazione dei fotoni incidenti, ricostruendo la traccia del foto-elettrone emesso nell'interazione. L'algoritmo sviluppato dalla collaborazione di IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer) si basa su una ricostruzione analitica delle tracce per determinare la polarizzazione dei fotoni incidenti.

L'obiettivo del nostro studio è di sviluppare un algoritmo di Machine Learning basato sulle Convolutional Neural Network (CNN) per ricostruire le proprietà della traccia dei foto-elettroni. Abbiamo dimostrato che combinando l'algoritmo di Machine Learning e quello analitico standard migliorano le performance nella ricostruzione della traccia, e viene eliminata una possibile sorgente di incertezza sistematica nelle misure di sorgenti non polarizzate.

**Nuove Tecnologie / 125**

## Neutrini da supernova con l'esperimento RES-NOVA

**Author:** Stefano Ghislandi<sup>None</sup>

**Corresponding Author:** stefano.ghislandi@gssi.it

Le core-collapse Supernovae (SNe) sono tra gli eventi più energetici dell'Universo, durante i quali gran parte dell'energia della stella viene rilasciata sotto forma di neutrini. Queste particelle permettono di accedere direttamente ai processi che avvengono all'interno del nucleo stellare.

Un processo particolarmente interessante per rivelare questi neutrini astrofisici è lo scattering elastico coerente neutrino-nucleo (CEvNS). Esso è caratterizzato da una altissima sezione d'urto ( $\times 10^3$  maggiore rispetto al decadimento  $\beta$  inverso) e una segnatura che popola lo spettro energetico del rivelatore nella regione del keV. L'esperimento RES-NOVA si propone di rivelare questi neutrini utilizzando il CEvNS tramite un approccio rivoluzionario: un array di rivelatori criogenici. RES-NOVA, per soddisfare le richieste sperimentali, prevede di utilizzare come assorbitori dei cristalli di PbWO<sub>4</sub> operati a temperature dell'ordine delle decine di mK. Il piombo, oltre ad essere un bersaglio adatto per i neutrini perché ne massimizza la sezione d'urto per CEvNS, sarà archeologico, garantendo un bassissimo fondo nella regione di interesse. Per misurare con precisione energie dell'ordine della

frazione del keV, i sensori termici impiegati saranno i Transistor Edge Sensors (TES). Nel mio contributo introdurrò il caso di fisica e l'esperimento, mostrando anche le previsioni del modello del fondo nella regione di interesse. Infine presenterò delle misure preliminari della caratterizzazione dei primi cristalli prototipi prodotti con piombo archeologico operati ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

**Nuove Tecnologie / 127**

## **Il rivelatore di muoni dell'esperimento LHCb ad Upgrade II**

**Author:** Francesco Debernardis<sup>None</sup>

**Corresponding Author:** francesco.debernardis@ba.infn.it

LHCb è uno dei grandi esperimenti che operano al collisionatore LHC ed è dedicato principalmente a studi di fisica del quark b. Ad oggi, ha apportato importantissimi contributi al campo della Fisica del sapore e della Fisica elettrodebole nella regione in avanti. Il suo rivelatore ha mostrato prestazioni eccellenti durante i Run 1 e 2 di LHC, ad una luminosità istantanea  $L_{\text{peak}}$  pari a  $4 \times 10^{32} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Recentemente è stato potenziato in modo tale da poter lavorare con pari performance a  $L_{\text{peak}} = 2 \times 10^{33} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  ed è attualmente in presa dati. L'ulteriore incremento di luminosità previsto per LHC (HL-LHC) aprirà nuove opportunità per LHCb nell'ambito della Fisica di precisione del sapore e della Fisica oltre il Modello Standard, rendendo di fatto necessario un nuovo sviluppo di diverse parti del rivelatore (Upgrade II). A partire dal 2035, è atteso che LHCb lavori a  $L_{\text{peak}} = 1.5 \times 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , raccogliendo un campione di dati corrispondente a circa  $300 \text{fb}^{-1}$ . Diverse sono le opzioni sotto studio per il progetto del rivelatore di muoni, con l'idea di gestire un tale aumento di luminosità e del rate atteso di particelle incidenti preservando la stabilità di funzionamento del rivelatore e la sua eccellente efficienza di rivelazione di  $\mu$ . In questa presentazione si descriverà lo stato dell'arte del nuovo progetto del rivelatore di muoni dell'esperimento LHCb ad Upgrade II.

**Nuove Tecnologie / 128**

## **Sviluppo di un timing layer basato su MCP per l'Upgrade 2 del calorimetro elettromagnetico di LHCb**

**Author:** Daniele Manuzzi<sup>None</sup>

**Corresponding Author:** daniele.manuzzi@cern.ch

L'incremento della luminosità istantanea che è previsto per i Run 5 e 6 del LHC rappresenta una sfida significativa nello sviluppo di futuri rivelatori. Per affrontare le condizioni di pile-up previste dall'esperimento LHCb, una delle possibilità è quella di misurare il tempo di arrivo delle particelle con risoluzioni temporali nell'ordine di 10-20 picosecondi. La tecnologia dei fotomoltiplicatori di grande area al picosecondo (LAPPDs), basata sui fotomoltiplicatori a micro-channel plate (MCP), sembra essere molto promettente per la costruzione di un timing layer all'interno del calorimetro elettromagnetico di LHCb.

In questo talk verranno mostrati i primi risultati ottenuti con rivelatori LAPPD di generazione I, dotati di un anodo a strip, e di generazione II, equipaggiato con un anodo accoppiato capacitativamente. Le prestazioni di questi rivelatori sono state testate sia in laboratorio (utilizzando un laser di lunghezza d'onda 405 nm e di larghezza dell'impulso di 27.5 ps FWHM) sia su fasci di particelle al DESY (elettroni con energia 1-5.8 GeV) e al SPS del CERN (elettroni con energia 20-100 GeV).

**Nuove Tecnologie / 129**

## **ITS3: un innovativo tracciatore di silicio ultrasottile e flessibile**

## per l'Esperimento ALICE

**Author:** Anna Villani<sup>None</sup>

**Corresponding Author:** anna.villani@cern.ch

L'esperimento ALICE (A Large Ion Collider Experiment) è un complesso apparato di rivelatori realizzati con diverse tecnologie. È ottimizzato per lo studio dello stato di plasma di quark e gluoni prodotto tramite le collisioni tra ioni pesanti ad energie ultra-relativistiche all'LHC (Large Hadron Collider) del CERN. L'attuale sistema di tracciamento interno di ALICE (ITS2) ha come funzioni la rivelazione e il tracciamento delle particelle cariche, in particolare quelle a basso momento, in condizioni di alta molteplicità. I tre strati più interni dell'ITS2 saranno sostituiti durante il prossimo Long Shutdown (LS3) di LHC con un innovativo tracciatore, l'ITS3. Tale rivelatore di vertice avrà tre strati, ognuno composto da due sensori in silicio di tipo MAPS (Sensori a Pixel Monolitici Attivi) di grande area (circa 10 x 28 cm<sup>2</sup>), ultrasottili (20 - 40 μm di spessore) e flessibili, curvati a formare dei semi-cilindri auto-supportanti. È prevista la quasi totale rimozione delle infrastrutture di supporto e di raffreddamento, mentre la rete di alimentazione e di trasferimento dei dati sarà implementata direttamente nel silicio, permettendo di raggiungere uno spessore equivalente pari a 0.05% X<sub>0</sub>. Questa caratteristica, insieme alla diminuzione del raggio dello strato più interno (1.8 cm) e alla riduzione della dimensione del pixel (15 - 20 μm) migliorerà sensibilmente la risoluzione e l'efficienza di ricostruzione delle tracce. In questo contributo saranno descritte le caratteristiche tecniche del nuovo ITS3 e gli obiettivi che si vogliono raggiungere in termini di prestazioni, focalizzando sulle attività di R&D in corso e sui risultati ottenuti finora dai test dei primi prototipi.

**Nuove Tecnologie / 130**

## Studio di rivelatori al silicio avanzati per l'esperimento ALICE 3 nel Run 5 e 6 di LHC

**Author:** Sofia Strazzi<sup>None</sup>

**Corresponding Author:** sofia.strazzi@cern.ch

La Collaborazione ALICE ha sottomesso la proposta di un nuovo apparato sperimentale -ALICE 3-, realizzato con tecnologie al silicio di ultima generazione da installare al punto di interazione 2 di LHC, durante il Long Shutdown 4 in vista del Run 5 (2035). ALICE 3 sarà specificamente progettato per lo studio delle collisioni ione-ione prevedendo di raccogliere una luminosità significativamente superiore rispetto alla luminosità che verrà raccolta dal rivelatore attuale durante Run 3 e 4 e in una regione di pseudorapidità fino a  $|\eta| < 4$ . Questo rivelatore avrà la possibilità di misurare in modo multi-differenziale la radiazione elettromagnetica prodotta dal Quark Gluon Plasma per sondarne le prime fasi della sua evoluzione e caratterizzare la produzione di adroni con flavour pesanti fino a momenti estremamente bassi, anche grazie a un sistema di rivelatori dedicati alla particle identification.

In particolare, per il Sistema a Tempo di Volo, che avrà un ruolo fondamentale nell'identificazione delle particelle, è richiesta una risoluzione temporale di 20 ps. A questo scopo, diverse tecnologie al silicio sono sotto studio e, tra queste, i Low Gain Avalanche Detectors (LGADs) hanno suscitato particolare interesse. Grazie alle già eccellenti prestazioni temporali, l'utilizzo di questa tecnologia è già previsto per i futuri upgrades di diversi rivelatori, ma le richieste sempre più esigenti in termini di risoluzione temporale da parte di esperimenti futuri, e tra questi ALICE 3, hanno stimolato un'intensa campagna di R&D volta a migliorare ulteriormente la risoluzione temporale raggiunta sinora. I risultati degli studi attuali hanno dimostrato il potenziale di un design di LGAD più sottile, capace di raggiungere risoluzioni temporali molto vicine alle richieste di ALICE 3. Nella presentazione saranno mostrati diversi risultati ottenuti con i primi prototipi di LGAD sottili prodotti dalla Fondazione Bruno Kessler (FBK), con uno spessore di 25 e 35 μm. In seguito a questi studi, il nuovo concetto di "double LGAD", in cui due sensori dello stesso tipo sono collegati ad un unico amplificatore, è stato testato per la prima volta su fascio, considerando coppie di LGAD con uno spessore di 25, 35 e 50 μm. Questo tipo di implementazione consente la generazione di un segnale più elevato, vantaggioso per l'elettronica e con un conseguente miglioramento nella risoluzione temporale. Diversi risultati per questo concetto innovativo saranno qui riportati, seguiti da un confronto con i risultati ottenuti per sensori singoli. Questi studi proseguiranno ora con i test di sensori ancora più sottili, dell'ordine di 15-20 μm e di LGAD monolitici basati su tecnologia CMOS.

In questa comunicazione saranno presentati il concept design del rivelatore ALICE 3, i principali obiettivi di fisica e riportati i risultati ottenuti finora sui sensori LGAD testati.

Poster / 131

## L'esperimento CYGNO, un rivelatore direzionale con lettura ottica per la ricerca di Materia Oscura

Author: Pietro Meloni<sup>None</sup>

Corresponding Author: pietro.meloni@uniroma3.it

CYGNO e' un progetto che si propone di dimostrare la possibilita' di utilizzare una TPC in volume gassoso con lettura ottica per la misura di eventi rari. Lo studio della Materia Oscura nella regione di basse masse,  $O(1) \text{ GeV}/c^2$ , o dei neutrini solari viene effettuato rivelando i rinculi nucleari o elettronici di poche

decine di keV che le particelle causano nel gas. Un aspetto fondamentale della tecnica proposta e' quello di poter ricostruire la direzione dei nuclei o elettroni che rinculano, consentendo di raccogliere una maggiore quantita' di informazioni sui singoli rinculi.

Il rivelatore proposto e' caratterizzato da una camera TPC riempita con una miscela di He:CF<sub>4</sub> tenuta a pressione e temperatura ambiente. La direzionalita' dei rinculi e' determinata dalla misura della distribuzione degli elettroni primari prodotti dal rinculo di particelle ionizzanti nel gas. Il numero di elettroni primari e' moltiplicato da un triplo strato di GEM e i fotoni prodotti nel processo di amplificazione sono letti da una fotocamera sCMOS esterna, permettendo di ridurre le interferenze elettroniche e le contaminazioni con il gas.

Diversi prototipi del rivelatore sono stati costruiti e studiati negli ultimi anni. Al momento, un prototipo con un volume di 50 L (LIME) e' in fase di presa dati e di studio nei laboratori sotterranei del Gran Sasso dell'INFN.

Si propone di presentare gli ultimi risultati del prototipo LIME riguardo i test di stabilita', la risoluzione in energia, il confronto dati-simulazione e le capacita' di reiezione del fondo atteso. Infine, si intende discutere i prossimi passi della collaborazione CYGNO per dimostrare la fattibilita' dell'approccio basato sulla direzionalita' dei rinculi nucleari nella ricerca della Materia Oscura.

Poster / 132

## A 64-channel ASIC for full waveform sampling with 200 MS/s for space-based cosmic-particles applications

Author: Andrea Di Salvo<sup>None</sup>

Corresponding Author: adisalvo@to.infn.it

This paper discusses the development of a 64-channel ASIC designed in a commercial 65nm CMOS technology to readout a camera plane composed of Silicon Photo-Multipliers (SiPMs). The purpose of the readout chain is the detection of Extensive Air Showers (EASs) by focusing the Cherenkov radiation which signal is produced by Ultra-High Energy Cosmic Rays (UHECRs) and Cosmic Neutrinos (CNs) interactions in the atmosphere. Each ASIC generates a hitmap sent to an FPGA to analyze the pixel proximity. The stored data can only be digitally converted on-chip if it is validated through this external checker. A single ASIC is formed by channels where 256 cells are connected to the output of the front-end electronics to obtain a full waveform sampling. An analog memory, a 12-bits Wilkinson Analog-to-Digital Converter (ADC) and latches are placed into the cell unit to which a 200 MHz clock is distributed. To derandomize the input signal, the array of cells is partitioned into segments of 32 cells each. The readout is realized using a serializer operating at 400 MHz in Double Data Rate (DDR). The ASIC is developed in the framework of the Extreme Universe Space Observatory - Super Pressure Balloon 2 (EUSO-SPB2) mission, but it is also suitable for several other applications due to its configurability such as the partitioning and the resolution in the range of 8-12



bits. In this way, the chip can save power and conversion time, depending on the requirements of the experiment.

Poster / 133

## Ricerca di dark photon e dark Higgs boson con l'esperimento Belle II

Author: Laura Salutati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Roma Tre

L'esperimento Belle II ha una capacità unica per la verifica di un'ampia classe di modelli che postulano l'esistenza di particelle di materia oscura. Sono presentate le ricerche di fotone oscuro e bosone di Higgs oscuro.

Poster / 134

## DarkSide-20k: ricerca di materia oscura in un esperimento a fondo zero

Author: Matteo Rossi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Corresponding Author: [matteo.rossi@ge.infn.it](mailto:matteo.rossi@ge.infn.it)

L'esperimento DarkSide-20k (DS20k), attualmente in fase di costruzione presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), punta alla rilevazione diretta di WIMP (Weakly Interacting Massive Particles). In particolare, il suo scopo è studiare le sezioni d'urto WIMP-nucleone fino a  $10^{-47}$  cm<sup>2</sup> per WIMP di 1 TeV di massa in un periodo di 10 anni. DS20k ha l'obiettivo di rilevare direttamente lo scattering WIMP-nucleone in una camera a proiezione temporale a doppia fase di 20 tonnellate, misurando ionizzazione e scintillazione prodotta dalle particelle interagenti mediante l'uso di SiPM. In questo contributo verranno presentati il design e lo stato del progetto, con particolare attenzione all'innovativo veto per neutroni. Quest'ultimo sfrutterà la scintillazione dell'argon liquido per identificare le interazioni di neutroni che possono mimare eventi di scattering WIMP-nucleone e utilizzerà un materiale di nuova concezione (acrilico drogato con gadolinio).

Poster / 135

## Ricerca di X17 a PADME

Author: Elisa Di Meco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INFN Laboratori Nazionali di Frascati

Corresponding Author: [elisa.dimeco@lnf.infn.it](mailto:elisa.dimeco@lnf.infn.it)

La collaborazione ATOMKI ha recentemente confermato la presenza dell'anomalia del <sup>8</sup>Be anche nelle distribuzioni angolari dell'<sup>4</sup>He e del <sup>12</sup>C. Tale anomalia può essere interpretata come la creazione e decadimento di una particella intermedia di massa ~ 17 MeV, di nome X17. Determinare l'esistenza e la natura (vettoriale o pseudo-scalare) di X17 è uno degli obiettivi del Run III di PADME ai Laboratori Nazionali di Frascati. L'esperimento PADME è in grado di produrre X17 in interazioni di

positroni su bersaglio fisso di diamante. Già durante il RUN II nel 2020 PADME ha raccolto dati ad un'energia nel centro di massa di 20 MeV. Durante il RUN III appena concluso l'esperimento ha variato l'energia del centro di massa sotto osservazione nella regione 16-17 MeV. Analizzando i diversi set di dati ad energie del centro di massa diverse sarà dunque possibile visualizzare chiaramente eventuali aumenti di sezione d'urto dovuti all'esistenza di X17

Poster / 136

## **Le anomalie ATOMKI dopo la misura del Carbonio e il bosone X17**

Author: Claudio Toni<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Roma Sapienza*

Corresponding Author: claudio.toni@uniroma1.it

In vista degli ultimi risultati pubblicati recentemente dalla collaborazione ATOMKI, abbiamo riesaminato l'interpretazione teorica delle anomalie osservate in termini di una nuova particella oltre il Modello Standard di massa attorno ai 17 MeV. Attraverso uno sviluppo in multipoli, abbiamo testato la consistenza dinamica di un accoppiamento nucleonico al nuovo bosone X che possa riprodurre le osservazioni sperimentali. Le nostre conclusioni identificano il vettore assiale come il candidato più promettente, in relazione anche con altre anomalie sperimentali, mentre altri scenari sembrano essere sfavoriti per una spiegazione combinata.

Sessione di apertura / 137

## **Saluti Autorità**

Sessione di apertura / 138

## **Collider physics: LHC prospects and beyond**

Corresponding Author: michelangelo.mangano@cern.ch

Chiusura / 139

## **Einstein Telescope: il futuro osservatorio europeo di onde gravitazionali**

Corresponding Author: michele.punturo@pg.infn.it

Sessione di apertura / 140

## **Direct Detection of Dark Matter**

**Corresponding Author:** giuliana.fiorillo@na.infn.it

**Chiusura / 141**

## **I progetti futuri dell'INFN: il PNRR, le grandi infrastrutture, la visione della strategia europea per la fisica delle particelle**

**Corresponding Author:** pierluigi.campana@lnf.infn.it

**Poster / 142**

## **L'High Energy cosmic Radiation Detector**

**Author:** Claudio Brugnoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*

**Corresponding Author:** claudio.brugnoli@pg.infn.it

L'High Energy cosmic Radiation Detector (HERD) è uno dei progetti più promettenti nel panorama delle strumentazioni spaziali per la rivelazione di raggi cosmici. Sarà installato a bordo della stazione spaziale cinese (CSS) come frutto della collaborazione tra istituti di ricerca cinesi ed europei.

Il nucleo di HERD è un calorimetro segmentato tridimensionalmente, di forma sferica, profondo circa  $55 \times 0.3 \lambda_I$ . Su cinque lati il calorimetro sarà circondato da tre sottorivelatori: Tracciatore a Fibre scintillanti (FIT), Rivelatore a Scintillatori Plastici (PSD) e Rivelatore di Carica al Silicio (SCD). In ultimo un Rivelatore di Radiazione di Transizione (TRD) sarà assemblato su una delle facce laterali per la calibrazione energetica alle scale del TeV.

Per la prima volta HERD sarà in grado di accettare particelle incidenti sia dalla faccia superiore che dalle quattro facce laterali. Grazie al suo design pionieristico, HERD riuscirà ad avere un'accettanza geometrica di un ordine di grandezza superiore a quello dei suoi predecessori. Questo permetterà misure di precisione dello spettro dei raggi cosmici e della loro composizione fino alle massime energie raggiungibili nello spazio (alcuni PeV), oltre a studi di astronomia gamma, eventi transienti e ricerca indiretta di particelle di Materia Oscura.

**Chiusura / 143**

## **Premiazione e chiusura**

**Corresponding Author:** alessia.tricomi@ct.infn.it