

A1 Titolo dell'attività di ricerca

Fisica dell'antimateria, applicazioni fisiche in geologia e medicina, sviluppo di tecniche di rivelazione

A2 Responsabile

(aggiungere eventuale referente del Dipartimento se il Responsabile non è un afferente ad esso)

Responsabile: Paola SCAMPOLI
Referente per il Dip.

A3 Personale Dipartimento di Fisica (Professori e Ricercatori)

Prof. Ordinari:--
Prof. Associati: Paola Scampoli
Ricercatori universitari:--
RTDA:--
RTDB:--

A4 Collaborazioni con altri enti

Università di Berna (Physikalisches Institut and Institut für Geologie); Kirchhoff-Institut für Physik, Heidelberg; Stefan Meyer Institute for Subatomic Physics, Vienna; Università e Politecnico di Milano; INFN.

A5 Personale strutturato ricercatore o tecnologo altri enti convenzionati

--

A6 Altro personale di ricerca (Assegnisti, Borsisti)

Assegnisti: --
Borsisti Post-doc: --
Borsisti: --

A7 Dottorandi di Ricerca

B1 Breve descrizione della linea di ricerca

(max 1000 caratteri)

1) Misura dell'interazione gravitazionale materia-antimateria con l'anti-idrogeno al CERN (esperimento AEGIS). Le emulsioni nucleari sono l'unico rivelatore di posizione in grado di misurare l'"antigravità" con una precisione dell'1%. Un'intensa attività di R&D è necessaria sulle emulsioni, che dovranno operare in vuoto e a basse temperature, per caratterizzarle in termini di stabilità, sensibilità e *background*. Studi di antimateria includono anche l'interferometria quantistica su antiprotoni e positroni.

2) Studio del substrato dei ghiacciai mediante radiografia muonica, una tecnica che permette di sondare i profili di densità interna di *target* geologici mediante misure di assorbimento dei muoni cosmici con emulsioni nucleari. Lo scopo finale è ricostruire in 3D le strutture con un impiego su larga scala di detti rivelatori.

3) Applicazioni mediche della fisica: sviluppo di rivelatori per monitor di fasci di protoni accelerati in ambito medico e studio di radioisotopi per "teranostica", (agenti sia terapeutici, sia diagnostici). Gli studi sono condotti presso il ciclotrone PET dell'Università di Berna.

B2 Descrizione attività svolta nel triennio 2014-2016

(max 2000 caratteri)

1) Esperimento AEGIS: studio delle caratteristiche delle emulsioni in vuoto e a basse temperature, in termini della valutazione della loro sensibilità intrinseca e segnale di fondo, anche utilizzando nuovi gel. Test sono stati condotti al CERN con un fascio di antiprotoni dimostrando la possibilità di utilizzo di tali rivelatori in vuoto. Test a basse temperature sono ancora in corso. Le emulsioni sono anche state esposte per studiare i processi di annichilazione dell'antiprotone su diversi materiali posti davanti alle emulsioni stesse.

2) Costruzione di prototipi di rivelatori con emulsioni fotografiche per la radiografia muonica del ghiacciaio Eiger (Alpi svizzere). Essi sono stati recentemente installati all'interno del tunnel della ferrovia sottostante il ghiacciaio, posizione ideale per lo studio di fattibilità del progetto. I primi risultati di successo sono in corso di pubblicazione. È anche cominciata un'attività di R&D su nuovi gel, con grani più grandi di AgBr, una caratteristica che potrebbe velocizzare l'analisi delle emulsioni su larga scala.

3) Realizzazione di un prototipo di rivelatore costituito da un *sandwich* di lastre fotografiche e lastre di PMMA, tessuto-equivalenti, per misurare l'intensità di un fascio terapeutico di protoni, e quindi valutarne la dose, nella regione periferica rispetto al volume bersaglio. Il prototipo è stato esposto al fascio di protoni terapeutico del PSI (Svizzera). Sempre in ambito medico, sono stati sviluppati e testati al ciclotrone di Berna *monitor* di fascio basati sia sull'emissione di elettroni secondari, sia su fibre scintillanti. In quest'ultimo caso, i test hanno dimostrato, il grande intervallo in corrente a cui è possibile operare e quindi la versatilità dello strumento per misure non distruttive in acceleratori medici. Sono stati inoltre condotte misure di sezione d'urto per la produzione dei radioisotopi per teranostica (Sc-43, Sc-44) con fasci di protoni di 18 MeV. Un lavoro è in fase di pubblicazione.

B3 Descrizione attività programmata nel triennio 2016-2018

(max 2000 caratteri)

1) L'analisi dei dati sulle annichilazioni degli antiprotoni in funzione dei materiali si è conclusa nel corso del 2016. Su questa scia, test sono cominciati per misure d'interferometria quantistica con positroni ed elettroni, presso i laboratori L-Ness di Como. Le emulsioni nucleari sono state scelte come rivelatore delle frange d'interferenza generate da nano/micro griglie. Irraggiamenti con positroni di bassa energia permetteranno di valutare la risposta delle emulsioni prima della fase operativa dell'esperimento che si estenderà sull'arco del triennio.

2) Nel 2016 si è conclusa l'analisi dei dati raccolti con i prototipi di emulsioni per la radiografia muonica del ghiacciaio Eiger, informazione necessaria per la messa a punto della tecnica da applicare su grande scala. Una produzione massiccia di rivelatori a emulsioni è stata completata, così come, a inizio 2017, l'installazione per la campagna di misura per la ricostruzione del "bedrock" del ghiacciaio che si estenderà fino al 2018. In parallelo, verrà sviluppato un nuovo software di analisi e soprattutto algoritmi di inversione per la ricostruzione 3D delle strutture geologiche considerate.

3) Nell'ambito dell'attività presso il ciclotrone per la produzione di radioisotopi di Berna è nata l'idea di produrre radioisotopi per "teranostica". Essi dovrebbero cioè essere in grado di agire come agenti terapeutici e allo stesso tempo

diagnostici. È iniziato un progetto interdisciplinare che ci vede coinvolti nella produzione di sc-43 al ciclotrone citato. Un problema aperto in questo campo è capire la reale possibilità di produrre tali radioisotopi con la necessaria quantità e qualità per la marcatura di composti per uso clinico. Misure preliminari di sezioni d'urto di produzione dello scandio su bersagli contenenti calcio attraverso diverse reazioni sono stati condotti e verranno completati nel triennio, in modo da ottimizzare la produzione. In caso di successo si procederà alla marcatura di molecole specifiche e alla sperimentazione clinica dei composti marcati. In parallelo è cominciato uno studio di fattibilità per la produzione di fasci di neutroni per ampliare lo spettro di applicazioni della facility del ciclotrone dell'università di Berna

C1 Pubblicazioni scientifiche nel triennio 2014-2016/17

(indicare il numero complessivo nel triennio e elencare le più significative (max 10))

N. complessivo: 29 (24 lavori pubblicati su riviste internazionali + 5 contributi pubblicati sugli atti di congressi internazionali)

Pubblicazioni più significative:

- 1) A moiré deflectometer for antimatter, *Nature Communications*, 5:4538, (2014) doi:10.1038/ncomms5538
- 2) Study of the radioactivity induced in air by a 15 MeV proton beam, *Radiat Prot Dosimetry* (2015) 163 (3): 269-275
- 3) Characterization of the dose distribution in the halo region of a clinical proton pencil beam using emulsion film detectors, *JINST* (2015) 10 P01007 doi:10.1088/1748-0221/10/01/P01007
- 4) Low current performance of the Bern medical cyclotron down to the pA range, *Meas. Sci. Technol.* 26 (2015) 094006 doi:10.1088/0957-0233/26/9/094006
- 5) Extra-large crystal emulsion detectors for future large-scale experiments, *JINST* (2016) 11 P03003 doi: 10.1088/1748-0221/11/03/P03003
- 6) A detector based on silica fibers for ion beam monitoring in a wide current range, *JINST* (2016) 11 P03027 doi: 10.1088/1748-0221/11/03/P03027 0009
- 7) Laser excitation of the n=3 level of positronium for antihydrogen production, *PHYSICAL REVIEW A* 94, 012507 (2016) doi: 10.1103/PhysRevA.94.012507
- 8) Detection of low energy antimatter with emulsions, *JINST* (2016) 11 P06017 doi:10.1088/1748-0221/11/06/P06017
- 9) Direct detection of antiprotons with the Timepix3 in a new electrostatic selection beamline *Nucl. Instr. & Meth.* (2016) A831: 12-17 - doi: 10.1016/j.nima.2016.03.057
- 10) Measurement of antiproton annihilation on Cu, Ag and Au with emulsion films, *JINST* (2017) 12 P04021 doi:10.1088/1748-0221/12/04/P04021

C2 Presentazioni a Conferenze internazionali e nazionali

(solo se lo speaker è tra il personale elencato nel punto A3)

C3 Presentazioni di brevetti internazionali e nazionali

--

D1 Progetti di ricerca attivi

(Progetti di Enti di ricerca, Progetti Europei, Progetti MIUR, PON, POR, ...)

--