

## Programma del corso

Docente: prof. Paolo Bernardini

Anno accademico 2007–08

Col termine "Fisica Astroparticellare" si indica quell'insieme di studi, attività sperimentali e indagini teoriche, al confine tra l'astrofisica e la fisica delle particelle elementari. Da una parte, la strumentazione e i metodi tipici degli esperimenti ai grandi acceleratori vengono utilizzati nella ricerca di segnali provenienti dallo spazio esterno. Dall'altra, nell'universo vengono prodotte particelle (neutrini, protoni, raggi gamma) di altissima energia e la disponibilità di tali fasci naturali permette di eseguire misure diversamente impensabili in laboratorio.

I principali argomenti del corso (raggi cosmici, neutrini solari ed atmosferici, astronomia gamma e neutrinica, onde gravitazionali, materia oscura) vengono trattati da un punto di vista sia fenomenologico che sperimentale.

**Durata: 45 ore. Crediti: 6.**

**Introduzione** – Cenni storici sull'intreccio tra fisica ed astronomia. Definizione ed ambiti della fisica astroparticellare.

**Raggi cosmici (RC)** – Cenni storici sulla loro scoperta [STAN 1] e tecniche di rivelazione [STAN 5, PERK 6.1]. Origine, spettro differenziale e composizione elementale dei RC [STAN 4.3 e 5, PERK 6.1]. Effetti geomagnetici e solari [STAN 5.2-3, PERK 6.2]. Meccanismi di accelerazione dei RC [GAIS 11, STAN 3.2, PERK 6.3]. I meccanismi di Fermi [GAIS 11.2] e le supernovae come sorgenti [GAIS 11.3]. Cenni sulle possibili sorgenti oltre i 100 TeV [GAIS 12]. L'effetto GZK e le misure di AGASA [STAN 9, PERK 6.6] ed Auger.

**Sciami in atmosfera** – Produzione di particelle secondarie, componente *soft* e *hard* [PERK 6.4]. Il decadimento dei pioni e dei muoni. Perdite energetiche e sviluppo degli sciami, tecniche di rivelazione [PERK 6.5]. Sciami elettromagnetici [PERK 6.5.2]. Rivelatori a *sampling* e a copertura completa. Gli esperimenti AUGER, ARGO-YBJ, e Milagro.

**Neutrini atmosferici** – Flussi di neutrini elettronici e muonici [STAN 7.2]. Tecniche di rivelazione [PERK 6.9, STAN 7.2.1] e stima dei segnali attesi [GAIS 7 e 8]. Esperimenti: SuperKamiokande, Macro. Misure anomale. Ipotesi di neutrini massivi ed oscillanti [PERK 6.9]. Matrice PMNS [STAN 7.3].

**Neutrini solari** – Modelli solari (ipotesi chimica, gravitazionale e termonucleare). Ciclo pp nel Sole [PERK 7.3-4, STAN 3.1]. Esperimenti radiochimici e deficit misurato [PERK 6.10]. Misure dirette (SuperKamiokande e SNO). Oscillazione dei neutrini nella materia e condizioni di risonanza [PERK 6.11, STAN 7.3.1].

**Altre misure sulle oscillazioni dei neutrini (cenni)** – Esperimenti su lunga base ai reattori ed agli acceleratori (CHOOZ, KamLAND, K2K, CNGS, NUMI). L'anomalia di LSND. Progetti di nuovi esperimenti.

**Astronomia con neutrini** – Supernova 1987A, dati sperimentali e limite sulla massa dei neutrini [PERK 7.9, STAN 3.1.4]. Motivazioni della *multimessenger astronomy*. Telescopi neutrinici e flussi attesi [PERK

6.12, STAN 10]. Rigenerazione del neutrino tau. Ricerca di sciami orizzontali di altissima energia. La rivelazione di segnali radio e acustici.

**Astronomia gamma** – Meccanismi di emissione gamma (luce di sincrotrone, effetto Compton inverso, decadimento del pione neutro). Tecniche di rivelazione (satelliti, telescopi Cherenkov ed EAS-array). Sorgenti galattiche [STAN 10]. Gamma Ray Burst [PERK 6.8]. Nuclei galattici attivi, radio galassie e quasar [PERK 6.7].

**Onde gravitazionali (cenni)** – Potenza emessa da un quadropolo gravitazionale (analogia col quadrupolo elettrico) [PERK 6.13]. Il sistema binario PSR 1913+16 [PERK 6.14]. Rivelazione delle onde gravitazionali: barre risonanti, interferometri [PERK 6.15].

**Materia Oscura** – Pesare l'Universo [PERK 4]. Effetti gravitazionali ed evidenza della materia oscura [PERK 4, RONC]. Lensing gravitazionale [PERK 4.2] e micro-lensing [PERK 4.3, RONC]. Ritardo di Shapiro. Cenni alla materia oscura non barionica: neutrini [PERK 4.6], assioni e WIMPs [RONC 2.7.2]. Rivelazione diretta dei WIMPs [PERK 4.10] e l'esperimento DAMA al Gran Sasso.

### Riferimenti bibliografici

[BEND] – G. Bendiscioli "Fenomeni Radioattivi", La Goliardica Pavese (2000, Pavia)

[GAIS] – T.K. Gaisser "Cosmic Rays and Particle Physics", Cambridge University Press (1990, Cambridge)

[PERK] – D. Perkins "Particle Astrophysics", Oxford University Press (2003, Oxford)

[SCHLI] – R. Schlickeiser "Cosmic Rays Astrophysics", Springer (2002, Berlin)

[STAN] – T. Stanev "High Energy Cosmic Rays", Springer (2004, Berlin)

[RONC] – M. Roncadelli "Aspetti astrofisici della materia oscura", Bibliopolis (2004, Napoli)