Raggi cosmici-astroparticelle / Astrofisica gamma

L'esame per il corso di dottorato "Raggi cosmici/astroparticelle" consisterà nel preparare e tenere un breve seminario ($\sim$ 20 minuti) e nel risolvere un esercizio. Di seguito viene riportata la lista degli argomenti da cui scegliere quello su cui tenere il seminario e una serie di esercizi da cui scegliere quello da svolgere. Sia gli argomenti che gli esercizi sono divisi in due categorie:

- astroparticelle;
- astrofisica gamma.

Si suggerisce di scegliere l'argomento del seminario e l'esercizio da risolvere in categorie diverse.
Contattateci per ogni chiarimento necessario o suggerimenti su dove reperire materiale bibliografico. Inoltre maggiori chiarimenti o delucidazioni sugli esercizi verranno forniti su richiesta degli interessati.

Argomenti per seminario

Astroparticelle

- L'impiego dell'effetto Cherenkov nella fisica delle astroparticelle.
- Determinazione del rapporto D/H nell'Universo.
- Rilevanza per la fisica delle astroparticelle di teorie oltre il Modello Standard.
- Discutere motivazioni ed ipotesi per la costante cosmologica/ l'energia oscura/ la quintessenza.
- Riaccelerazione di raggi cosmici durante la loro propagazione nella Galassia e suoi effetti sulle misure sperimentali.
- Modelli recenti di accelerazione di raggi cosmici in Supernovae Remanent oltre il meccanismo di Fermi al I ordine e verifiche sperimentali.

Astrofisica gamma

- I getti relativistici in sorgenti astrofisiche di alta energia (microquasars, AGN, GRB).
- Tecniche di rivelazione per fotoni di altissima energia.

Esercizi

Astroparticelle

Esercizio 1a

Un esperimento condotto su satellite nello spazio ha misurato il seguente numero di eventi di isotopi del Berilio nell'intervallo di energia 35-120 MeV/n (energa media 80 MeV/n):

Isotopo	Numero di eventi
^{7}Be	329
^{9}Be	177
^{10}Be	15

Utilizzando questi numeri determinare il tempo di confinamento dei raggi cosmici nella Galassia e la densità media interstellare che i raggi cosmici hanno attraversato. Cosa potete concludere da questo risultato?
Si utilizzi il modello della scatola chiusa ("Leaky box model") per la propagazione dei raggi cosmici nella Galassia e che il loro cammino libero medio è di $10\,g/cm^2$. Le sezioni d'urto di produzione e di spallazione degli isotopi del berilio sono:

Isotopo	Sezione d'urto di produzione mbarn	Sezione d'urto di spallazione mbarn
^{7}Be	73	22.9
^{9}Be	38.7	52.8
^{10}Be	32.3	43.9

La vita media dell'isotopo radiattivo del berilio (^{10}Be) è : 3.9×10^6 anni.
(Suggerimento: lavorate col rapporto tra il ^{10}Be ed uno degli altri due isotopi stabili.)

Esercizio 2a

Dato uno spettro in energia di protoni dai raggi cosmici nel mezzo interstellare di:

$$J(E) \;=\; 10^4 E^{-2.7} \text{particelle}/(\mathrm{m}^2\,\mathrm{sr}\,\mathrm{s}\,\mathrm{GeV})$$

determinare e graficare lo spettro in energia cinetica tra 100 MeV e 100 GeV degli antiprotoni secondari prodotti dall'urto di questi protoni coi protoni del mezzo interstellare, cioe' dalla reazione:

$$p\,p \;\rightarrow\; p\,p\,p\,\overline{p}$$

Per semplicità assumete che uno ogni 10000 dei protoni dei raggi cosmici interagisca durante la propagazione nella Galassia producendo un antiprotone tramite l'interazione sopra descritta.

Esercizio 3a

Un apparato sperimentale per la misura di raggi cosmici ottiene i seguenti dati su protoni e nuclei di elio al top dell'atmosfera terrestre per taglio geomagnetico di 500 MV:

Intervallo in rigidità GV	Protoni	Nuclei di elio
1.2 - 1.4	57076	3047
1.4 - 1.8	99718	7690
1.8 - 2.2	77926	7647
2.2 - 2.6	59269	6916
2.6 - 3.0	45860	5751
3.0 - 3.4	35313	4659
3.4 - 3.8	28188	3970
3.8 - 4.2	22833	3331
4.2 - 4.7	20964	3155
4.7 - 5.2	20457	2965
5.2 - 6.0	19876	3165
6.0 - 7.0	18781	2989
7.0 - 8.3	17718	2824
8.3 - 10.4	15782	2586
10.4 - 13.7	13547	2273
13.7 - 20.3	10686	1861
20.3 - 23.1	2180	377
23.1 - 26.7	1910	354
26.7 - 31.7	1579	302
31.7 - 39.0	1549	252
39.0 - 50.6	1321	205
50.6 - 72.2	945	161
72.2 - 91.7	394	73
91.7 - 125.8	267	49
125.8 - 200.0	240	65

Sapendo che il tempo di presa dati era di 16280s, il fattore geometrico di 175 cm^2sr ed il parametro di modulazione solare ϕ=600 MV, ottenete e graficate i flussi in energia cinetica per nucleone (particelle/(m^2 sr s GeV/n)) di entrambe le specie al top dell'atmosfera e nel mezzo interstellare, cioè deconvolvete l'effetto della modulazione solare. Considerate solamente gli errori statistici.
(Suggerimento: se non vi ricordate quanto discusso a lezione sulla modulazione solare rifatevi all'articolo:
L. J. Gleeson & W. I. Axford, Astrophys. J. **154** (1968) 1011
reperibile nella versione elettronica presso il sito:
http://adsabs.harvard.edu//bib_abs.html#top
Per quanto riguarda il centraggio dei dati utilizzate il metodo descritto in:
G. D. Lafferty, G. D. & T. T. Wyatt, Nucl. Instr. and Meth. A **355** (1995) 541.)

Esercizio 4a

Considerate un apparato sperimentale che consiste di un magnete con sistema di tracciamento, un gas RICH, un sistema di tempo di volo per il trigger e misura di dE/dx ed un calorimetro elettromagnetico. Determinate la regione di energia in cui riuscireste ad identificare antiprotoni nei raggi cosmici con una contaminazione di altre particelle inferiore al 10% del segnale nei seguenti casi:

1. l'apparato è posto su satellite in orbita polare;
2. l'apparato vola su pallone aereostatico ad alcuni grammi di atmosfera residua ad un taglio geomagnetico di 100 MV;
3. l'apparato vola su pallone aereostatico ad alcuni grammi di atmosfera residua ad un taglio geomagnetico di 4 GV.

Le caratteristiche dell'apparato sono: il fattore gamma di Lorentz del gas-RICH è 18 e la risoluzione sull'angolo di Cherenkov per particelle ultrarelativistiche è di 1 mrad , il calorimetro elettromagnetico ha un potere di reiezione di 10^3 per elettroni, la rigidità massima rivelabile (MDR: Maximum Detectable Rigidity) dello spettrometro è 100 GV. A seconda dei casi assumete che:

- $e^- / \overline{p} \sim 10^2$
- $\mu^- / \overline{p} \sim 50$
- $p / \overline{p} \sim 10^4$

Ripetete lo studio considerando uno spettrometro con MDR 1 TV.

Astrofisica gamma

Esercizio 1b

Derivare le trasformazioni relativistiche per le principali quantità misurabili in astrofisica delle alte energie.

Esercizio 2b

Date le proprietà di telescopio gamma su satellite e di un telescopio gamma da Terra, valutare il tempo necessario ad entrambi per la misura di uno spettro di una sorgente astrofisica nella banda energetica comune con un opportuno rapporto segnale su rumore.