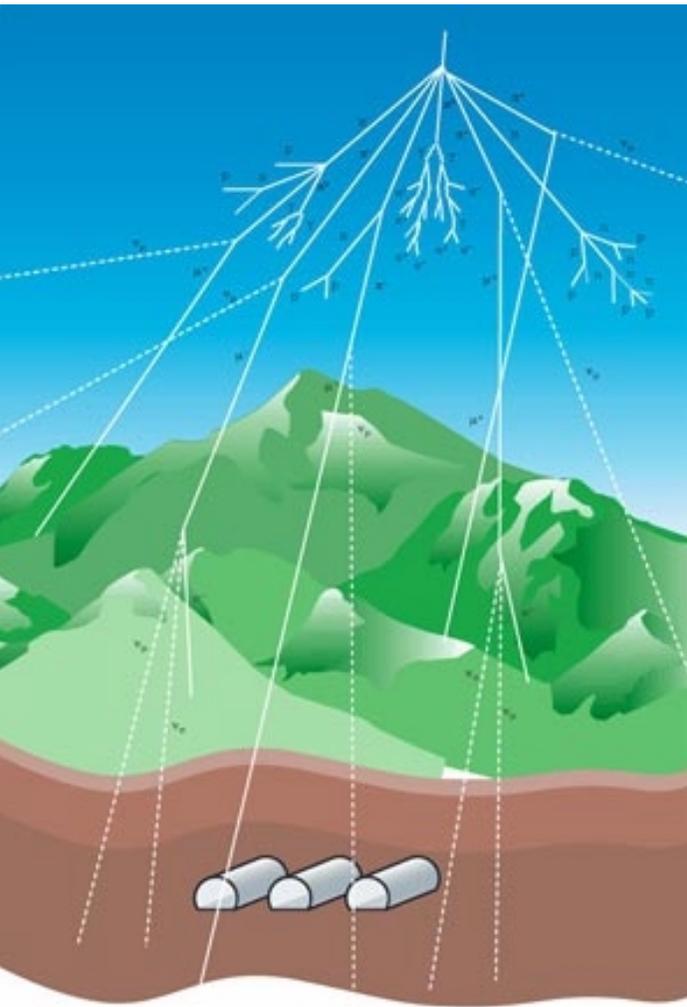


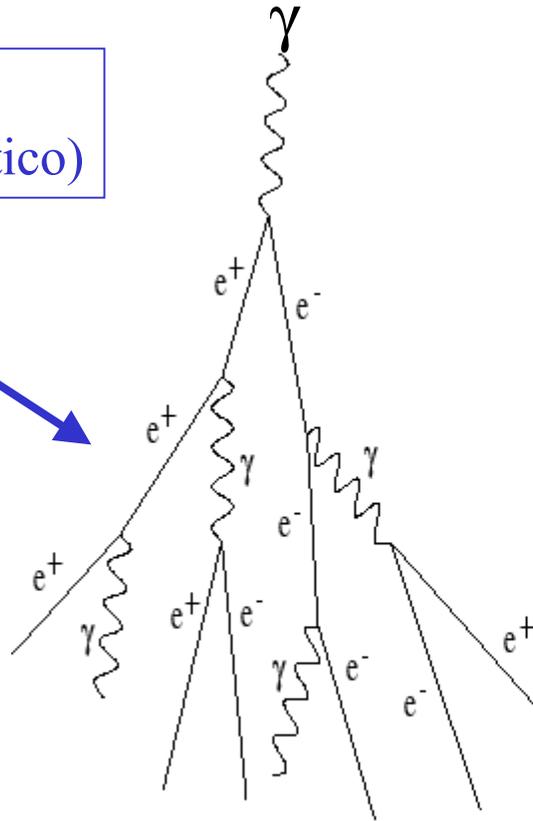
Sciami cosmici estesi (I)



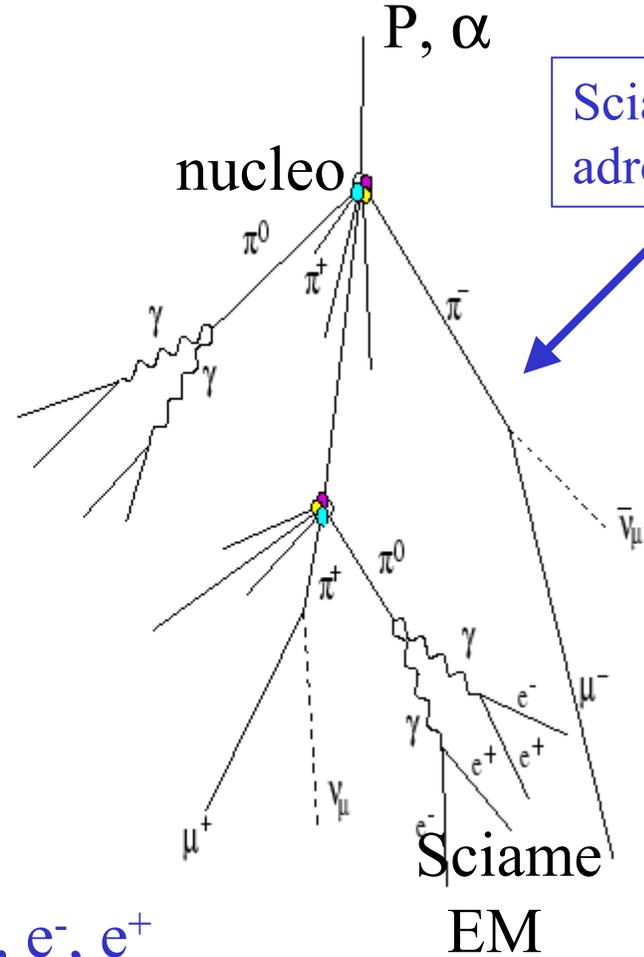
- P, γ , nuclei di origine cosmica interagiscono con gli strati alti dell'atmosfera originando degli “sciami” di particelle
- Il flusso scala con E^{-b} dove E è l'energia del primario ($b = 2-3$, a seconda di E)
- Si rivelano strumentando grandi superfici a Terra (o con rivelatori di luce: Cerenkov o fluorescenza)

Sciame cosmici estesi (II)

Sciame EM
(ElettroMagnetico)



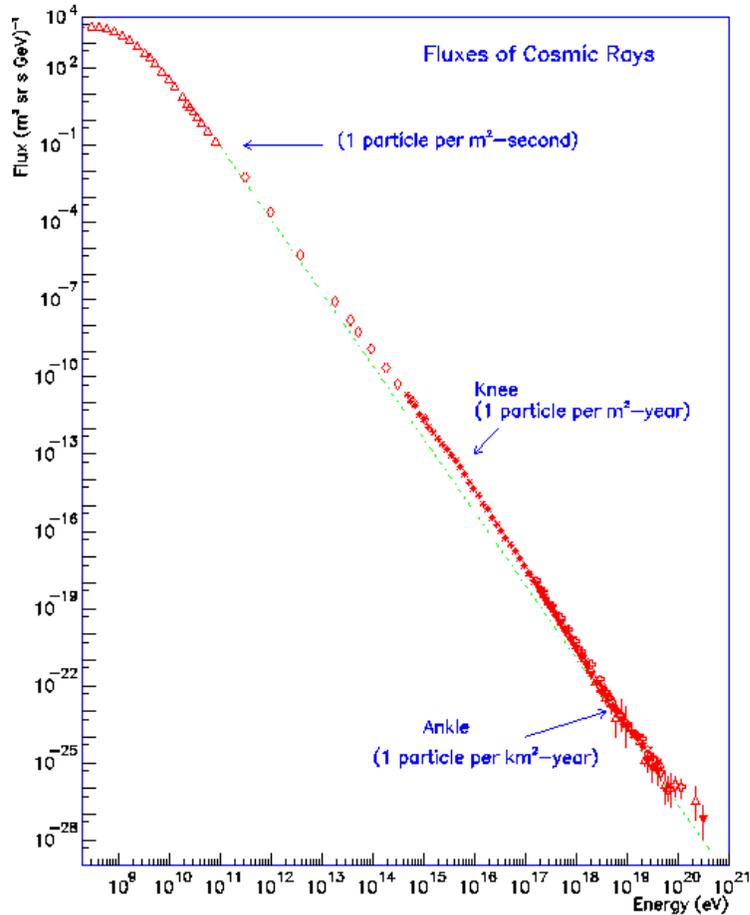
Sciame
adronico



Sciame
EM

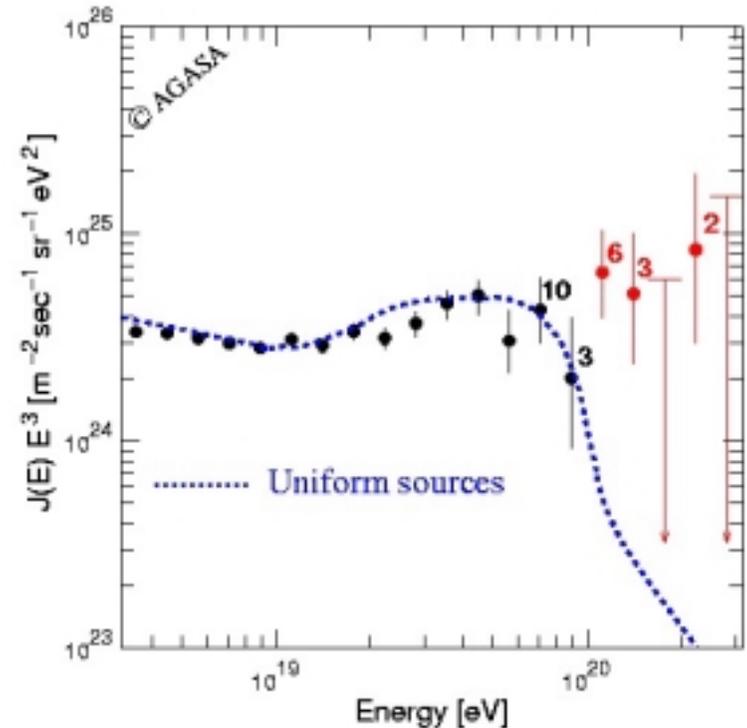
- Gli sciame EM sono composti da γ , e^- , e^+
- Gli sciame adronici contengono adroni; tra questi:
 - $\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm + \nu_\mu$ (componente penetrante)
 - $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ (i fotoni originano sciame EM)

Spettro energetico



- Non conosciamo meccanismi di accelerazione sopra a 10^{19} eV (SNR)
- Raggi cosmici di tali energie hanno origine extragalattica (isotropia)

- Sopra a 10^{20} eV ci aspettiamo un cut-off dovuto all'interazione con la radiazione di fondo cosmico
- Sembra esserci invece un eccesso di raggi cosmici rispetto alle previsioni



Tecniche di rivelazione



$10^{11} \text{ eV} \rightarrow 10^{21} \text{ eV}$

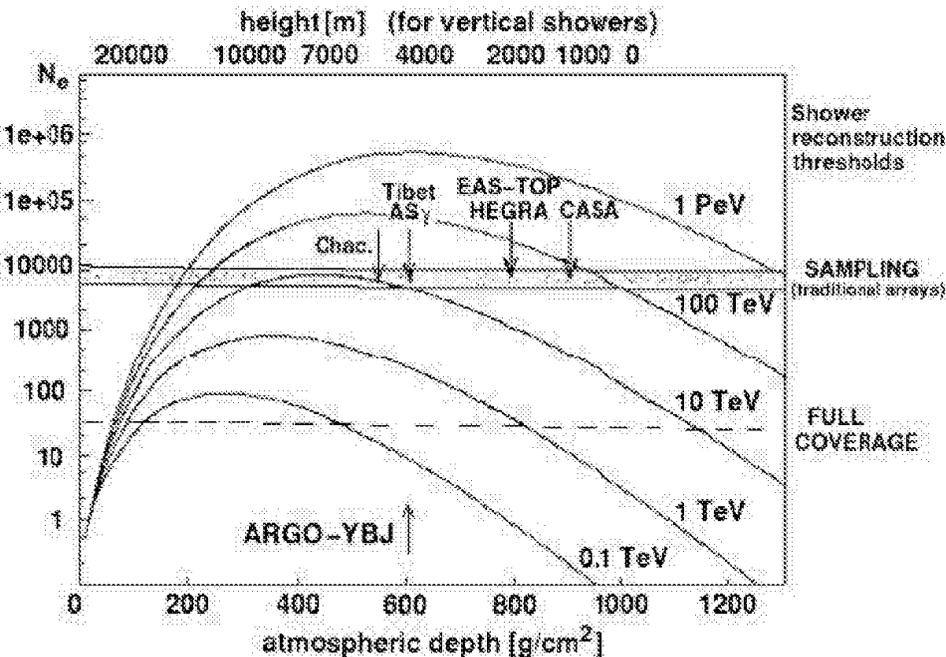
127 pixels each
one 0.25° FOV



10 m^2

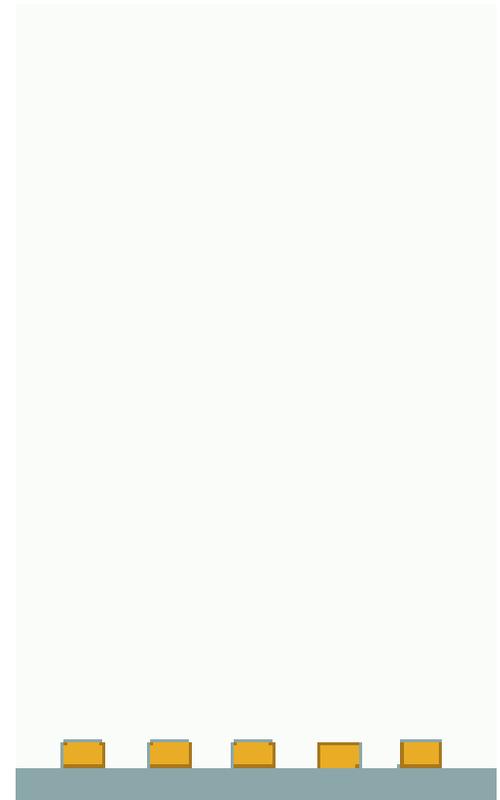
- Telescopi Cerenkov
- Rivelatori di luce di fluorescenza (emessa da molecole di azoto eccitate dallo sciame)
- Extensive air shower arrays (scintillatori, cerenkov in acqua, RPCs)

Extensive air shower arrays (I)

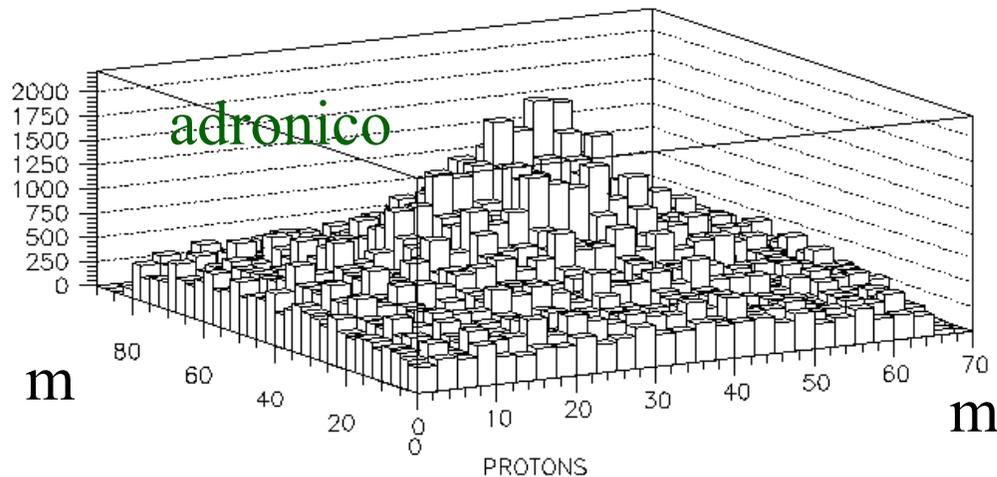
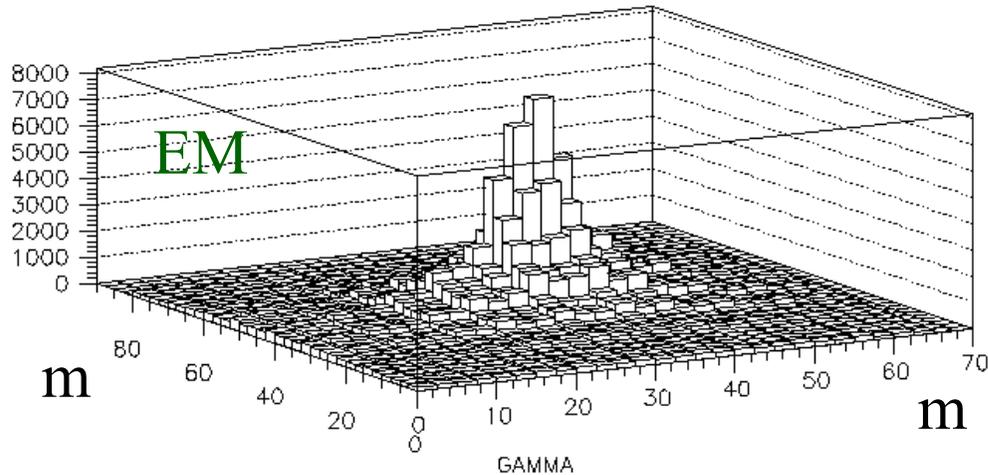


- A una data quota il numero di secondari (molteplicità) cresce con l'energia del primario

- Dal profilo temporale dello sciame si ricostruisce la direzione di provenienza



Extensive air shower arrays (II)

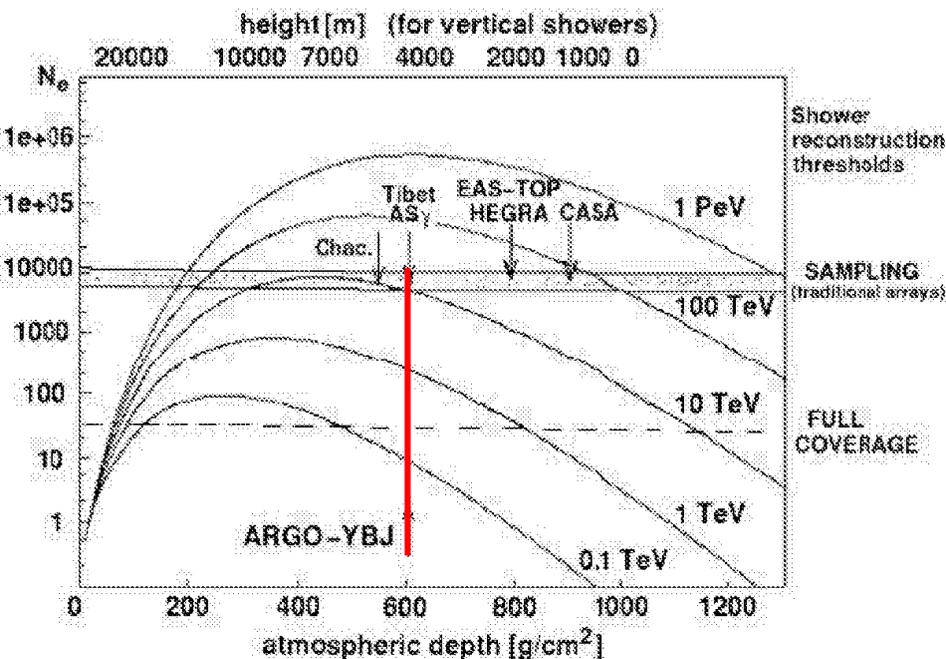


La discriminazione tra sciame
EM ed adronici si basa su:

- Distribuzione degli hit
- Presenza di muoni
- Profilo temporale

Un esempio di rivelatore di sciame cosmici estesi: Argo

L'esperimento si propone di rivelare sciame derivanti da fotoni di energia superiore a 100 GeV, con risoluzione angolare $\sim 1^\circ$

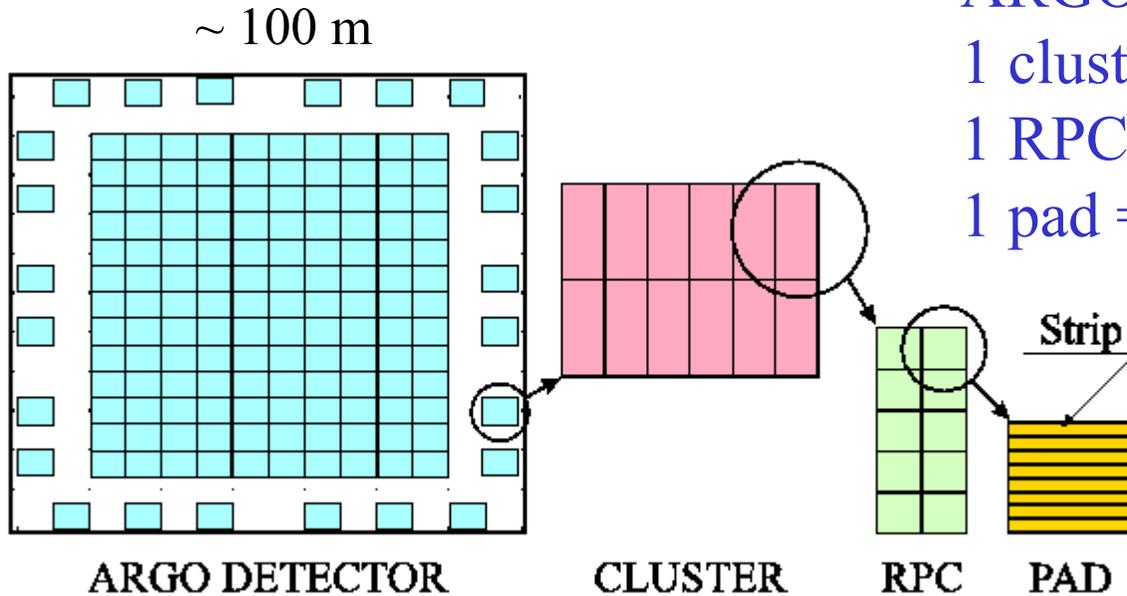


- Bassa energia \rightarrow alta quota (4000 m s.l.m., in Tibet)
- Bassa molteplicità \rightarrow l'intera superficie ($\sim 100 \times 100 \text{ m}^2$) deve essere totalmente sensibile
- La risoluzione angolare desiderata richiede una risoluzione temporale di 1 ns

$$1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$$
$$1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$$

Le camere a elettrodi piani resistivi (RPC) sono rivelatori economici e robusti, in grado quindi di strumentare grandi superfici con una risoluzione temporale $\sim 1 \text{ ns}$

Un esempio di rivelatore di sciame cosmici estesi: Argo



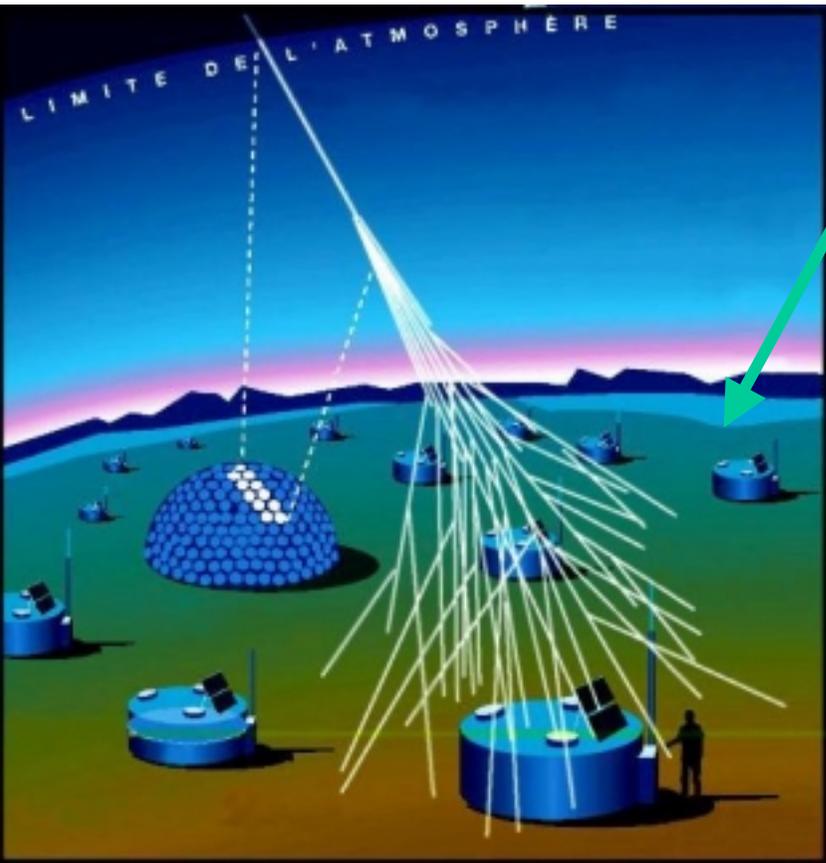
ARGO = 130+24 clusters
1 cluster = 12 RPC
1 RPC = 10 pads (60*60 cm²)
1 pad = 8 strip

Poiché gli RPC sono sensibili principalmente alle particelle cariche, l'intero rivelatore è coperto da 5 mm di piombo, per aumentare la molteplicità di carichi tramite conversioni $\gamma \rightarrow e^+ e^-$ al fine di:

- migliorare la ricostruzione dello sciame
- migliorare la risoluzione angolare

Altri rivelatori in costruzione di sciame cosmici estesi ad altissime energie ($>10^{20}$ eV)

Date le basse rates (1 evento/km² secolo) occorre strumentare superfici > 1000 km² (a sampling)



Auger (water Cerenkov)

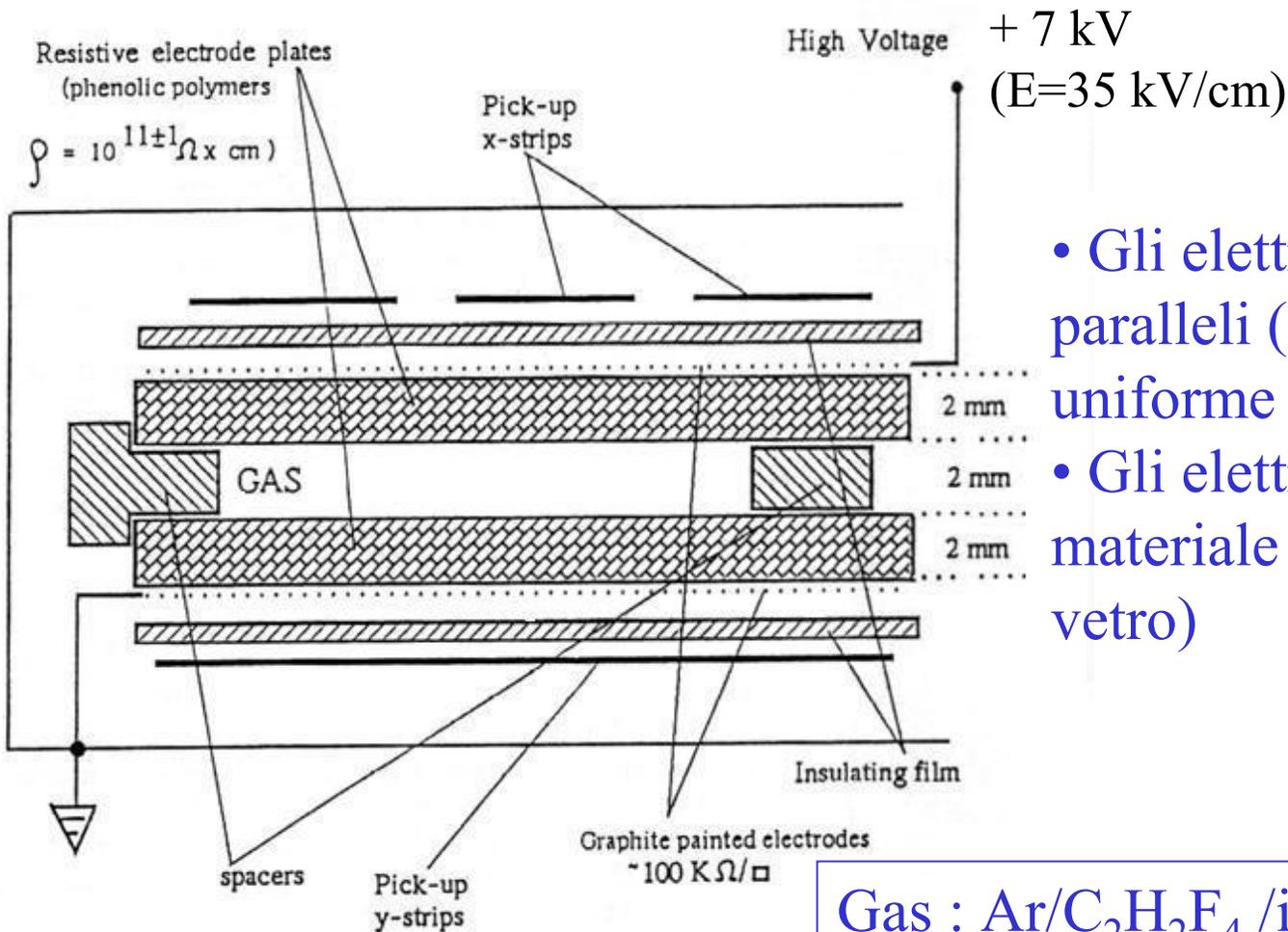
Superficie = 3000 km²

Distanza tra le tank = 1.5 km

EEE (Multigap RPCs con elettrodi in vetro)

Gli RPC: descrizione

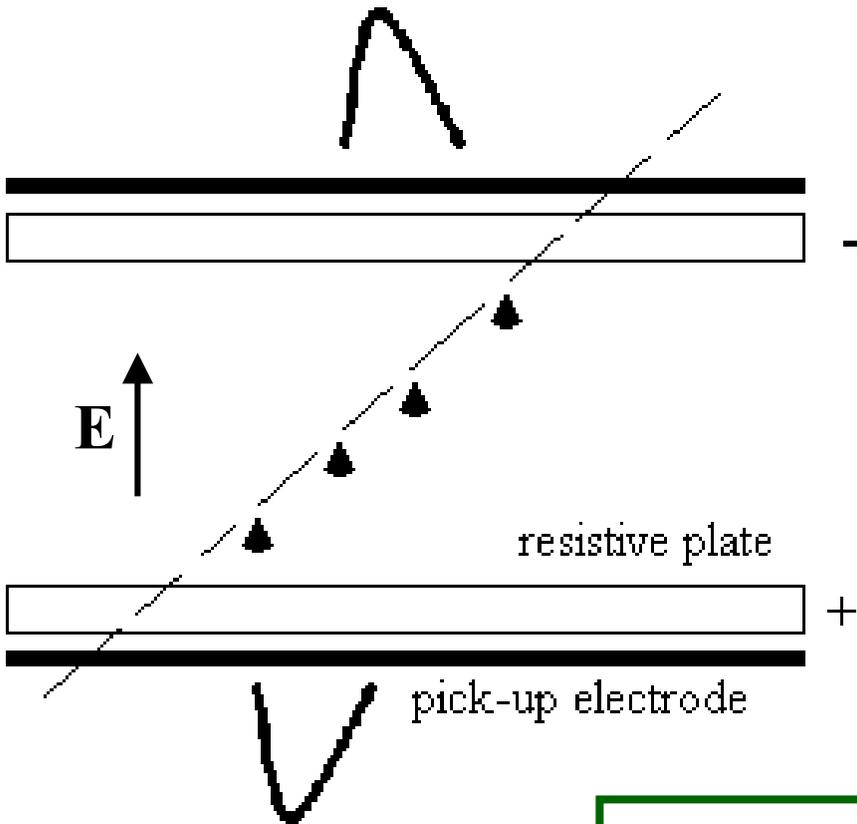
- Gli RPC sono rivelatori a ionizzazione in mezzo gassoso
- La presenza di un forte campo elettrico permette la moltiplicazione nel gas della carica ionizzata



- Gli elettrodi sono piani e paralleli (campo elettrico uniforme e costante)
- Gli elettrodi sono di materiale resistivo (bakelite o vetro)

Gas : $\text{Ar}/\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4 / \text{isoC}_4\text{H}_{10} = 64/32/4$

Gli RPC: principio di funzionamento

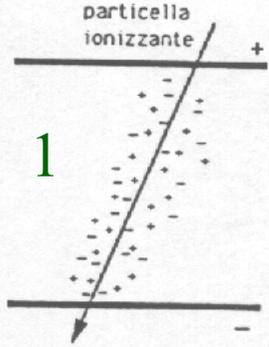


- In assenza di agenti ionizzanti il gas si comporta da isolante
- Il passaggio di una particella carica causa una scarica nel gas
- La scarica induce dei segnali di polarità opposta sugli elettrodi
- La risposta del rivelatore dipende dal rapporto tra il campo elettrico e la densità del gas

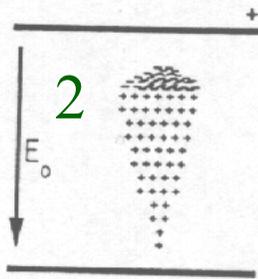
Per confrontare occorre scalare la tensione applicata a dei valori di riferimento $T_0=293$ K and $P_0=1010$ mbar:

$$V = V_{\text{applicata}} * (T/T_0) * (P_0/P)$$

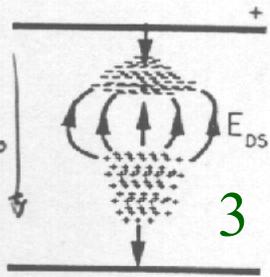
Gli RPC: principio di funzionamento dettagliato



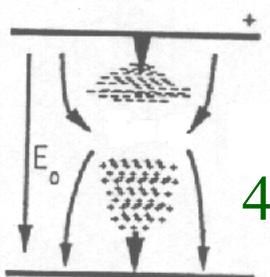
IONIZZAZIONE



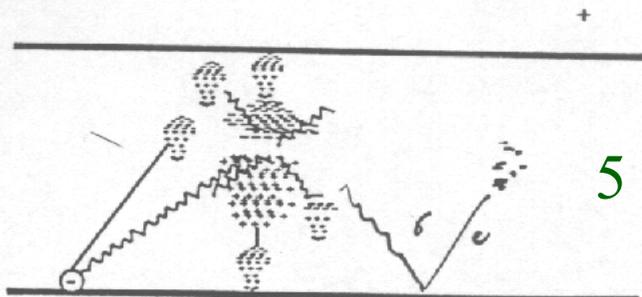
FORMAZIONE DI UNA VALANGA



CAMPO DEL DOPPIO STRATO



CAMPO TOTALE



FORMAZIONE DI UNO STREAMER

- Streamer = canale ionizzato che cortocircuita gli elettrodi
- La situazione iniziale viene ripristinata spengendo il campo elettrico nel gas
- Negli RPC ciò avviene grazie agli elettrodi resistivi
- Gli elettrodi resistivi inoltre separano l'intera superficie del detector in tante cellette indipendenti $\sim 1 \text{ cm}^2$

$$V_{el} = 0$$

$$V_{gas} = V$$

$$V_{el} = 0$$

$$V_{el} = V/2$$

streamer →

$$V_{gas} = 0$$

$$V_{el} = V/2$$

Il nostro set-up

10	12	14	16
9	11	13	15
2	4	6	8
1	3	5	7

← 50 cm →

- Disponiamo di 4 RPC $50 \times 50 \text{ cm}^2$ disposti su un tappeto di 1 m^2 (piccola superficie a scopo dimostrativo, per impraticarsi con il rivelatore)
- Il tappeto è letto con 16 pads $25 \times 25 \text{ cm}^2$
- I segnali negativi indotti sulle pads vengono discriminati a -70 mV e formati a 200 ns
- Il trigger del sistema è dato da una majority regolabile dei segnali digitali delle pads

Il programma delle misure

1. Misura dei conteggi in singola e in varie molteplicita' vs Hv (determinazione del punto di lavoro)
2. Misura alla tensione di lavoro delle rates di trigger con varie molteplicita'
3. Misura alla tensione di lavoro delle singole pad per pad (uniformita' di risposta)
4. Misura dei conteggi in singola e in doppia vs HV su sottoinsiemi di pads
5. Analisi di alcuni files di dati