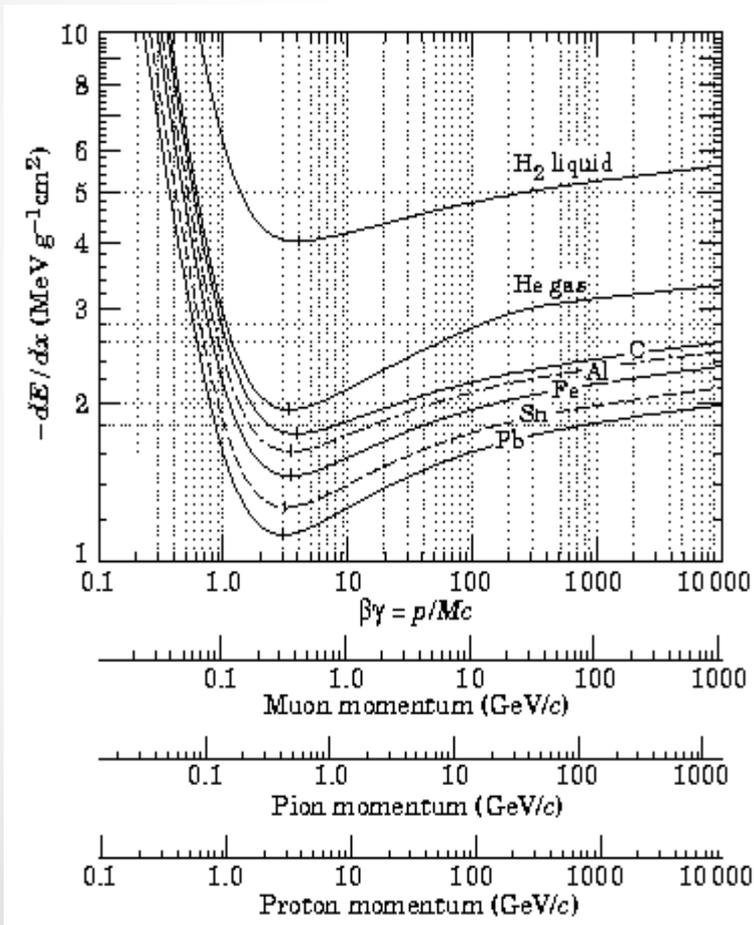


RPCs e Contatori Cherenkov

Resistive Plate Chamber (RPC)

Passaggio di radiazione nella materia

Particelle cariche attraverso la materia \longrightarrow Processo dominante = eccitazione o ionizzazione degli atomi del mezzo



Formula di Bethe-Block

$$-\frac{dE}{dx} = 4\pi N_e r_e^2 m_e c^2 \frac{z^2}{\beta^2} \left(\ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2}{I} - \beta^2 - \frac{\delta(\gamma)}{2} \right)$$

$$x = \rho l \rightarrow -\frac{dE}{dx} \cong \frac{2 \text{Mev}}{\text{gcm}^2} \forall \text{mezzo}$$

Nei processi più energetici gli elettroni si allontanano ionizzando altri atomi

$$e_{\text{primari}} + e_{\text{secondari}} = n_{\text{coppie}} = \Delta E / E_i$$

Ionizzazione in un campo elettrico

$E = 0$ Elettroni e ioni termalizzano

- Cattura
- Scambio carica
- Cattura

$E \neq 0$ Si sovrappone un moto di drift

$$v_{drift} \propto \frac{E}{p} \sim 5 \text{ cm}/\mu\text{s} \quad v_{term} \sim 12 \text{ cm}/\mu\text{s}$$

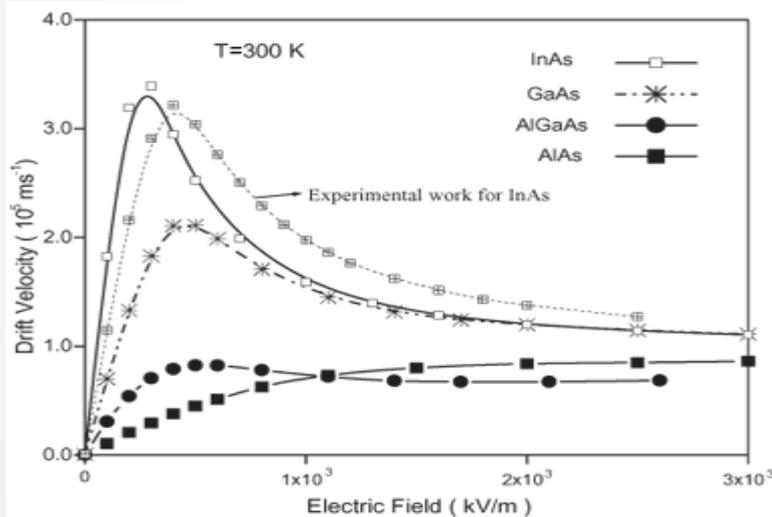
Distribuzione gaussiana $\propto E_{termica}$

Scelta del gas:

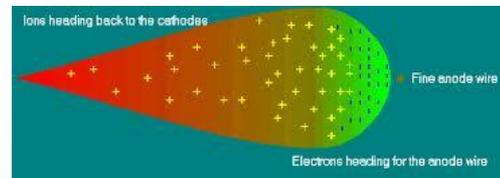
- Denso
- Freddo
- Non elettronegativo (cattura)

$$E \geq \frac{KV}{cm} \rightarrow E_e \geq 100 \text{ eV} \rightarrow \text{urti anelastici}$$

(ionizzazione)



Se ogni elettrone ionizza a sua volta (gas nobili) ho una moltiplicazione a valanga

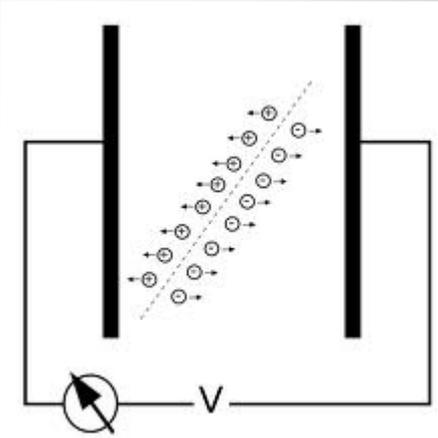


Regime proporzionale

$$M \sim 10^{6-8}$$

Contatori a gas

Se una particella che passa attraverso un gas ha un'energia sufficiente per ionizzarlo produce delle coppie elettrone-ione lungo la sua traccia. Queste coppie possono essere raccolte usando un campo elettrico, che fa migrare gli elettroni verso l'anodo positivo, e gli ioni verso il catodo negativo. La carica misurata in alcuni casi è proporzionale all'energia della particella.



Rivelatori a campo elettrico radiale:

- Camere a ionizzazione (regime di ionizzazione, misuro direttamente la carica ionizzata)
- Contatori proporzionali (regime di moltiplicazione proporzionale, la carica raccolta è proporzionale all'energia iniziale)
- Contatori Geiger-Muller (regime di scarica)

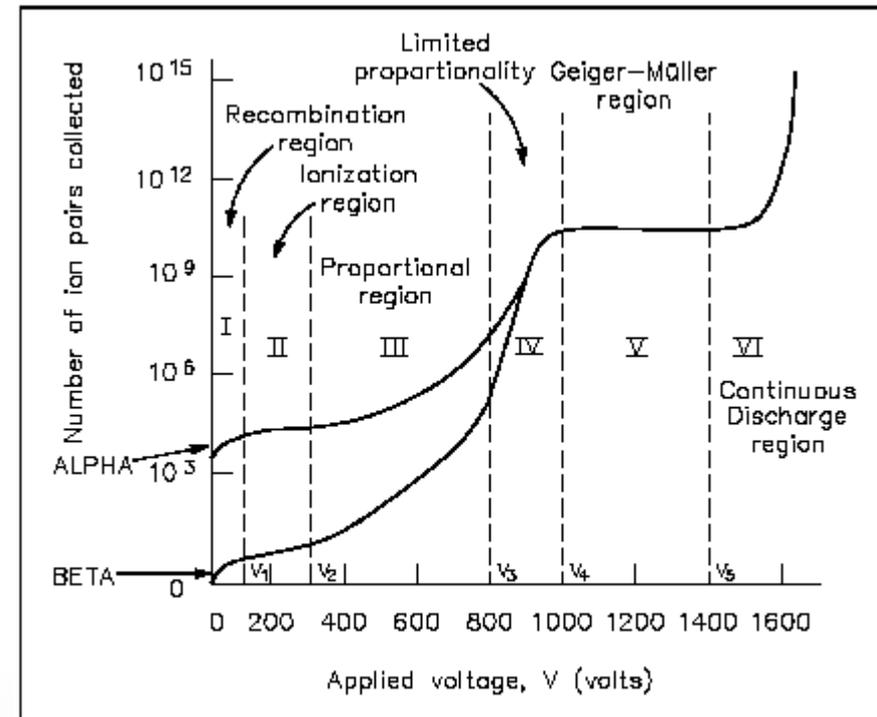
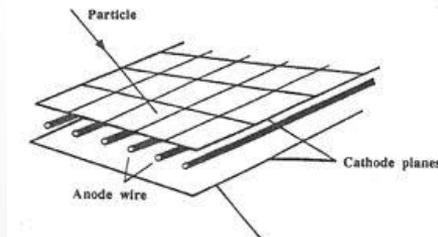
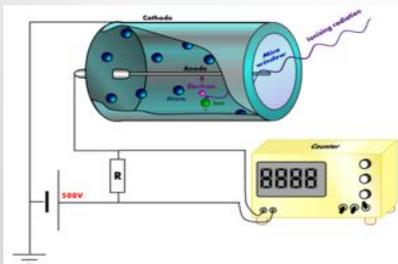
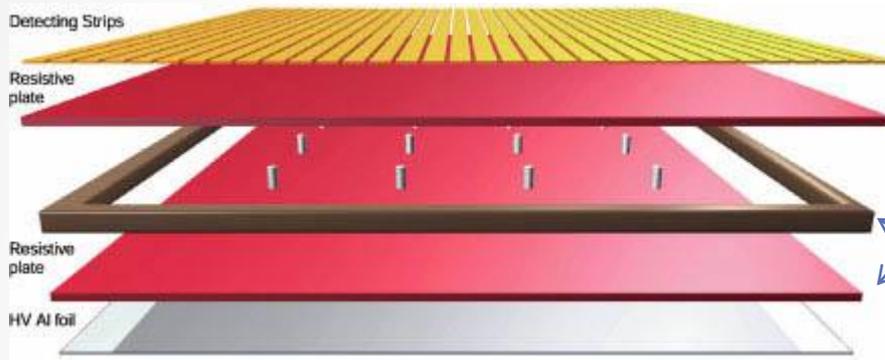


Figure 6 Ion Pairs Collected -vs- Applied Voltage

RPCs

Rivelatori a campo elettrico uniforme: RPCs



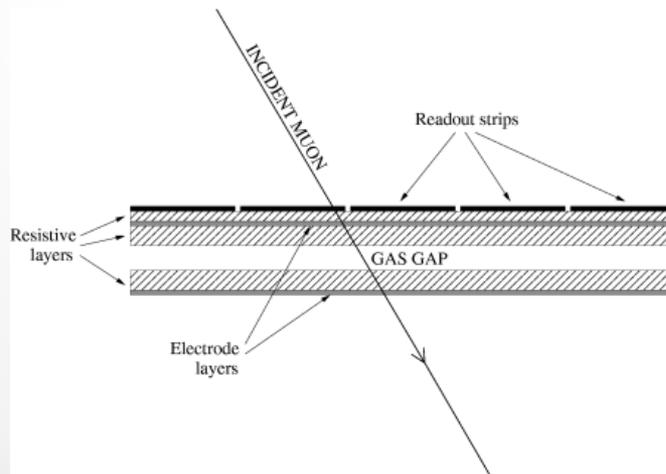
Strips di lettura elettronica

2 mm Bachelite $\rho \sim 10^{12} \Omega/cm^2$

2 mm gas ionizzante
(Ar Butano Freon)

L'elevata resistività permette di considerare un sistema di condensatori indipendenti

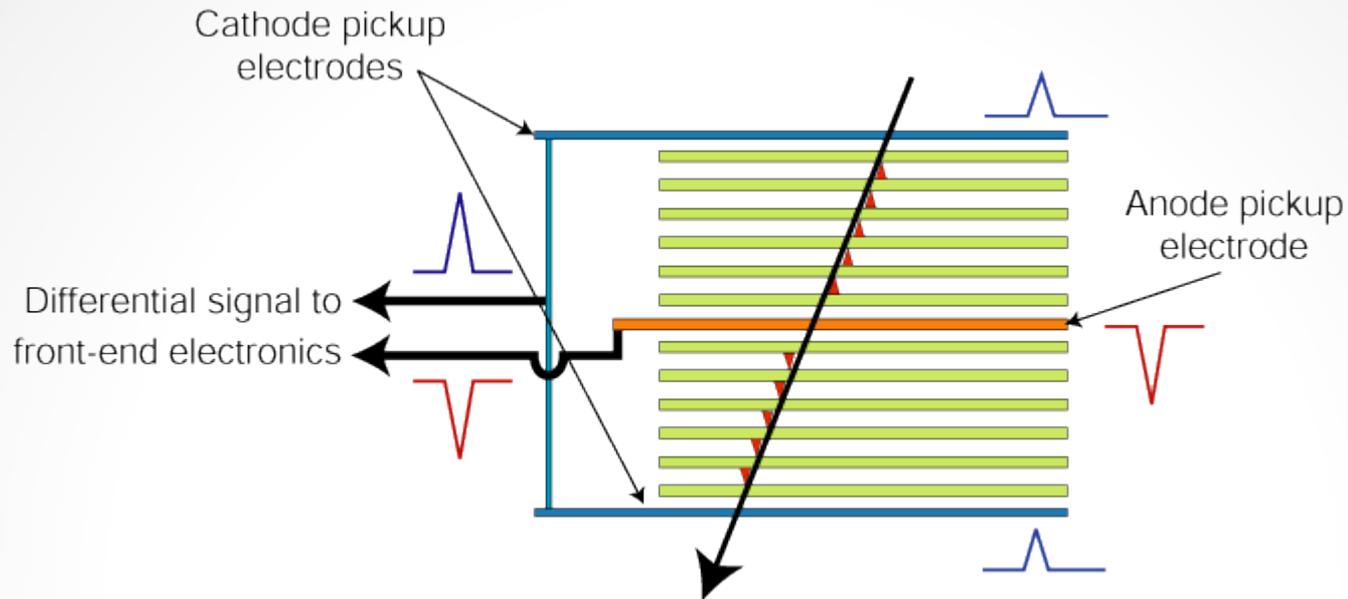
Tempo morto = tempo di ricarica del condensatorino $\varepsilon \cdot Q \approx 10 \text{ ms}$



Flusso max di segnale

100Hz/(cm²) (Ar, Butano, Freon)

5KHz/(cm²) (Solo Freon)



Sono letti i segnali indotti sulle strip (200-300mV su 50 ohm)

Trigger: L'or di 8 strip (pad) rappresenta l'unità logica più piccola

Per ogni evento vengono acquisiti:

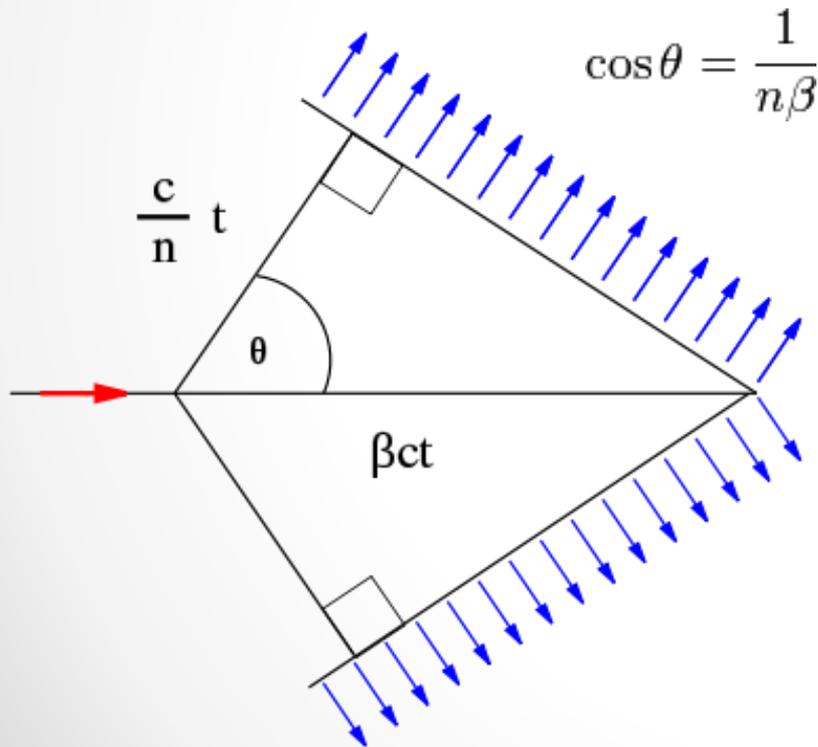
- Il numero di strip che si sono accese
- La posizione della pad colpita
- Il tempo corrispondente al primo segnale di strip che accende la pad



Contatori cherenkov

L'effetto Cherenkov

Prende il nome dal fisico russo
Alekseyevich Cherenkov (np 1958)



E' dovuto all'interferenza costruttiva dei fotoni emessi da molecole di un mezzo polarizzate dal passaggio di una particella carica di velocità maggiore della velocità del suono nel mezzo stesso $v > c/n$

L'energia persa (irradiata) per cammino unitario è data dalla formula di Frank-Tamm

$$\frac{dE}{dx} = \frac{2\pi\alpha h}{c} \int_{\beta n > 1} \left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2}\right) \nu d\nu$$

Il numero di fotoni emessi con $\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$

$$N_{pe} = 2\pi\alpha L \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sin^2(\vartheta) \frac{d\lambda}{\lambda^2}$$

$$\lambda_1 = 400nm$$

$$\lambda_2 = 700nm$$

$$N = 490 \sin^2(\vartheta)^2 L$$

Uso dell'effetto cherenkov

La perdita di energia per radiazione Čerenkov è piccola rispetto a quella dovuta all'ionizzazione (Bethe-Block) (~1%) → Il numero di fotoni emessi è piccolo

Con l'effetto cherenkov si costruiscono contatori che segnalano il passaggio di particelle cariche, possono essere:

- A soglia (richiedono un minimo di fotoelettroni, non misurano θ)
- Differenziali (selezionano un piccolo range di angolo cherenkov)

I contatori cherenkov si usano in:

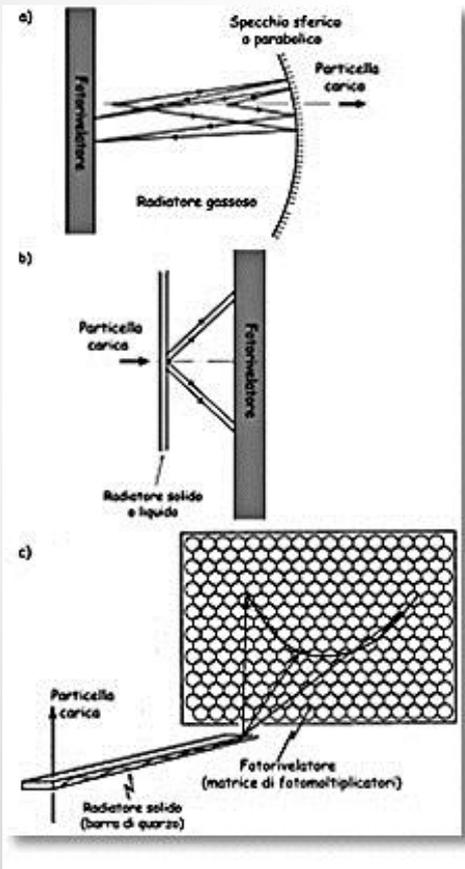
- Esperimenti sui raggi cosmici (la radiazione cherenkov delle coppie elettrone positrone prodotte dall'interazione di raggi gamma o raggi cosmici ultraenergetici con l'atmosfera permette di determinarne l'energia)
- Esperimenti di fisica delle alte energie (identificazione delle particelle prodotte da un'interazione grazie alla soglia di produzione di radiazione cherenkov)

Contatori a soglia

Si possono costruire rivelatori che discriminino β

$$\beta > \beta_s = \frac{1}{n}$$

- Scegliendo un materiale opportuno
- Variando n con la pressione di un gas



Materiale	$n - 1$
Scintillatore	0.55
Vetro	0.46 - 0.75
Acqua (20°)	0.33
Elio	3.3×10^{-5}

Legge di Lorentz-Loren (Clausius-Mossotti)

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{P_m}{\rho} = R_{LL}$$

$$n \cong 1 \rightarrow n - 1 = \frac{3 R_{LL} P}{2 RT}$$

Combinazioni di contatori con soglie diverse separano particelle diverse

$$\beta_i = \frac{1}{n_i} \rightarrow n_i = \sqrt{\frac{\gamma_i^2}{\gamma_i^2 - 1}}$$

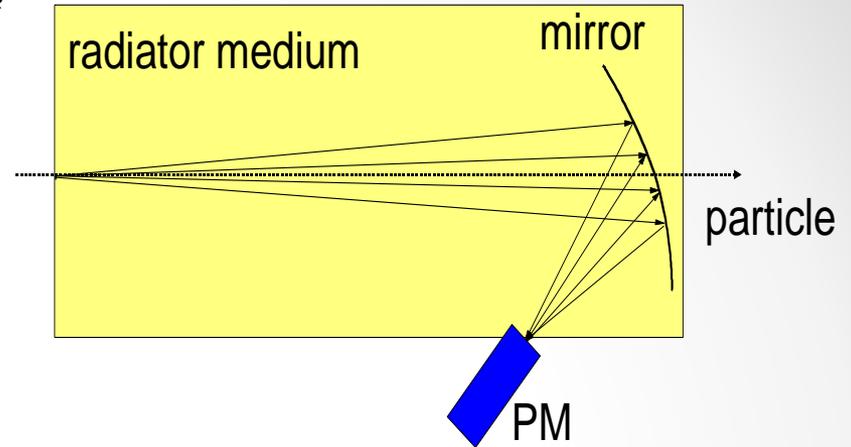
Ad es particelle ultrarelativistiche di massa diversa

$$\sin^2 \theta_c \cong \frac{1}{\gamma_2^2} - \frac{1}{\gamma_1^2} = \frac{m_2^2 c^4}{p^2 c^2} - \frac{m_1^2 c^4}{p^2 c^2}$$

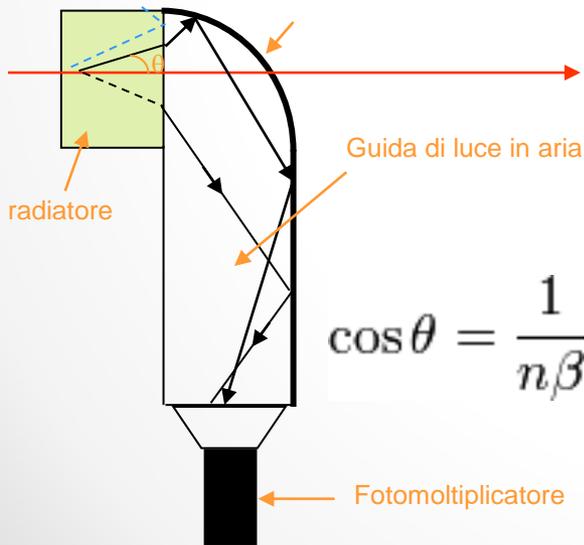
Efficienza del contatore $\epsilon_{count} = 1 - e^{-N_{pe}}$

Se è necessario avere un numero N di fotoelettroni la lunghezza deve essere

$$L = \frac{N p^2}{370c^2(m_2^2 - m_1^2) \cdot QE} [cm]$$



Contatori differenziali (DISC)



$$\cos \theta = \frac{1}{n\beta}$$

Misurano particelle che emettono luce cherenkov in un certo angolo, discriminando β

L'efficienza è data da

$$\frac{\Delta\beta}{\beta} = \tan \vartheta \Delta\vartheta \longrightarrow \frac{\Delta\beta}{\beta} \sim 10^{-7}$$

Funzionano solo per particelle perpendicolari all'asse ottico

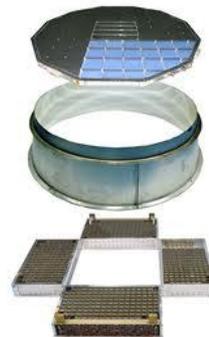
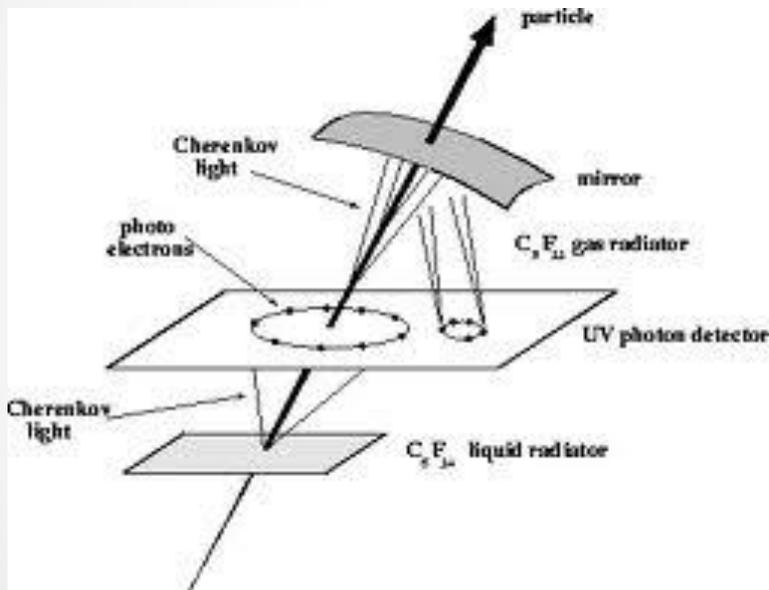
Ring Imaging Cherenkov (RICH)

RICH di DELPHI

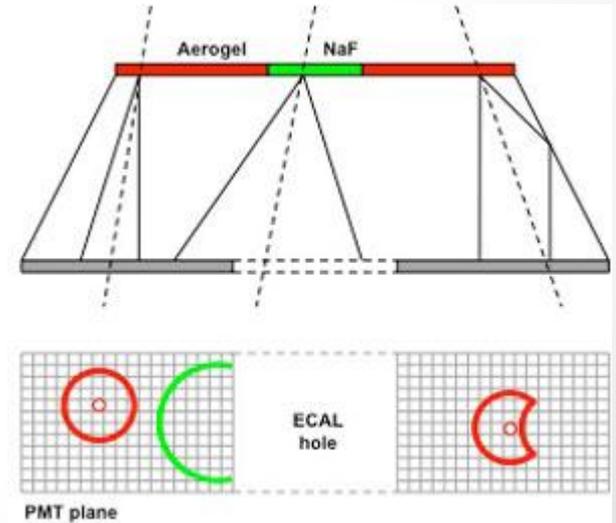
Misura la velocità delle particelle tramite l'angolo cherenkov

$$\cos\theta_c = \frac{c}{nv}$$

Proposto da T. Ypsilantis e J. Séguinot, prima applicazione su larga scala in DELPHI (LEP)



RICH di AMS-2



Uno specchio sferico di lunghezza focale f , proietta i fotoni su una circonferenza di raggio $r = f\theta_c$ indipendente dalla posizione