

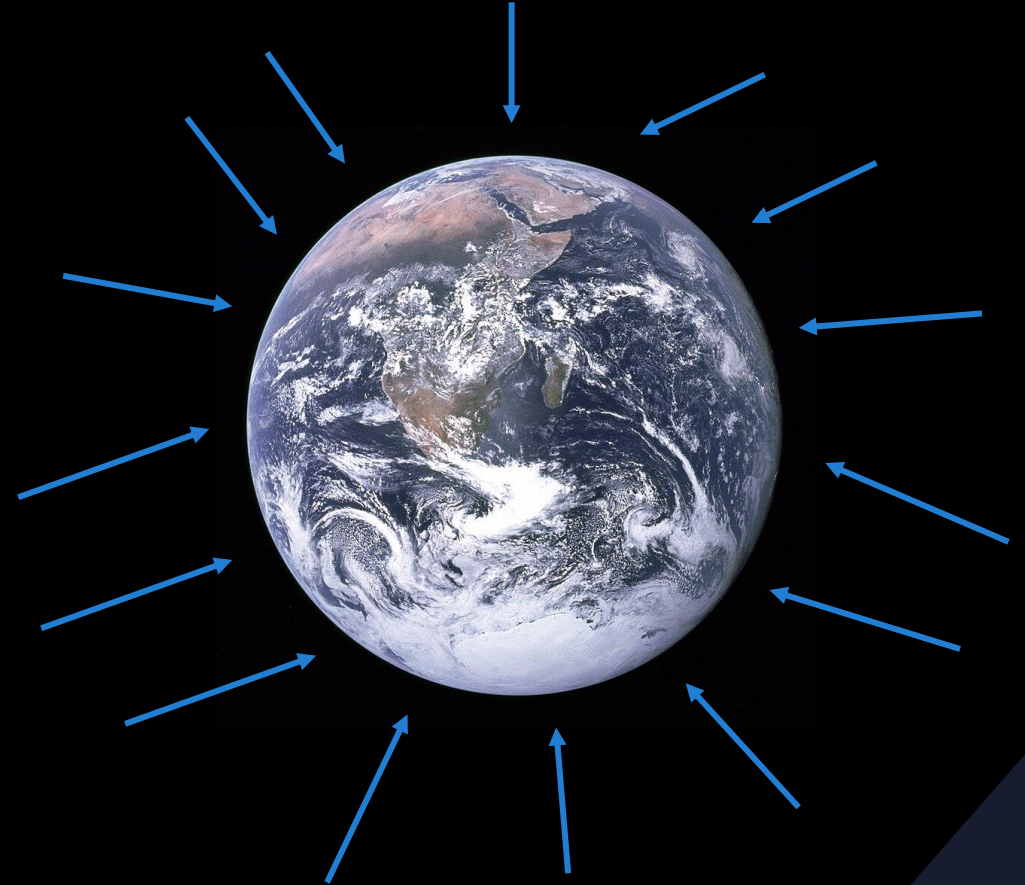
COSA STATE PER FARE...? UNA MISURA DELLA DISTRIBUZIONE ANGOLARE DEL FLUSSO DI MUONI COSMICI

Luca Marsicano – INFN Sezione di Genova



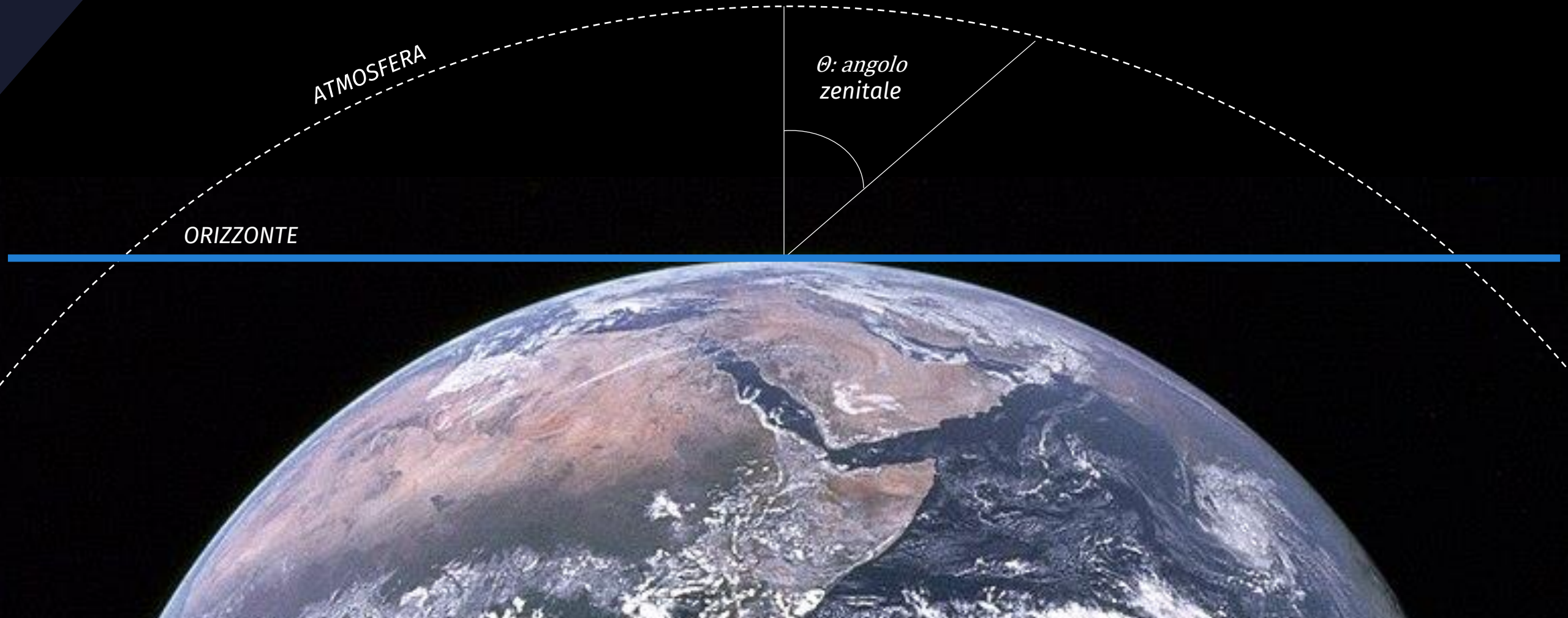
Distribuzione dei raggi cosmici

- I raggi cosmici colpiscono la Terra da tutte le direzioni, in modo uniforme*.
- Man mano che attraversano l'atmosfera le particelle interagiscono, decadono, si fermano...
- Per un osservatore sulla superficie la distribuzione non è uniforme: conta la strada percorsa!



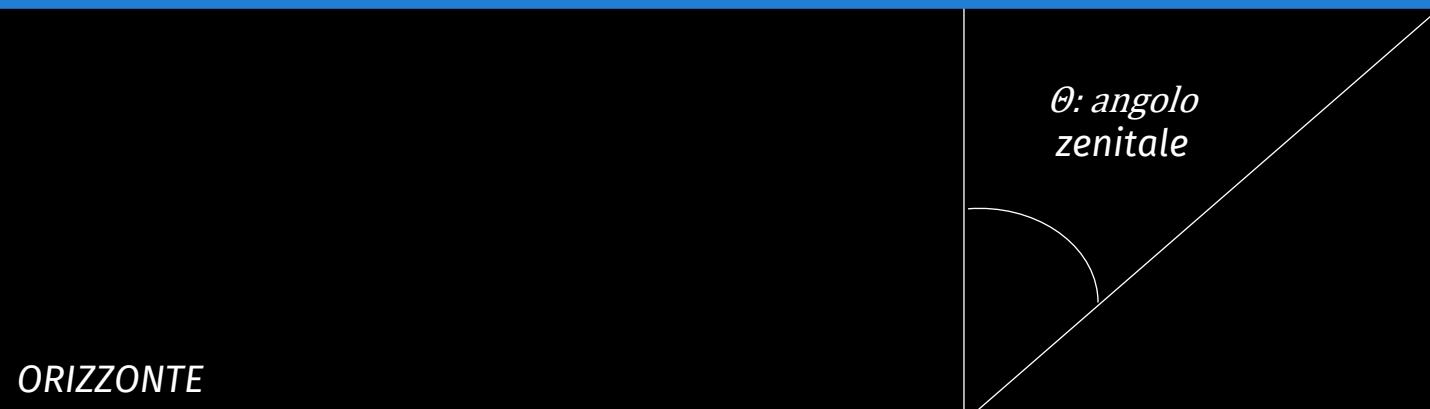
- *trascuriamo gli effetti del campo magnetico terrestre

Distribuzione angolare dei muoni



Distribuzione angolare dei muoni

Se guardiamo una piccola porzione di superficie terrestre, possiamo approssimare la Terra come piatta:



La distribuzione angolare e' parametrizzabile come:

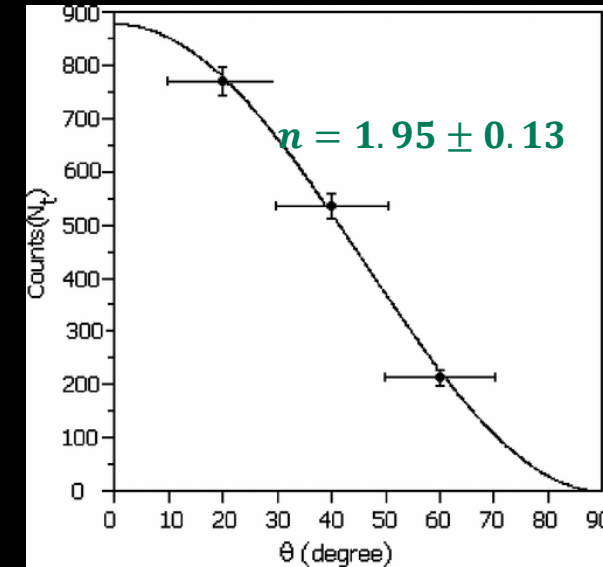
- $I(\theta) = I_0 \cos^n \theta$

- Massimo per $\theta=0$
- Simmetrica in θ

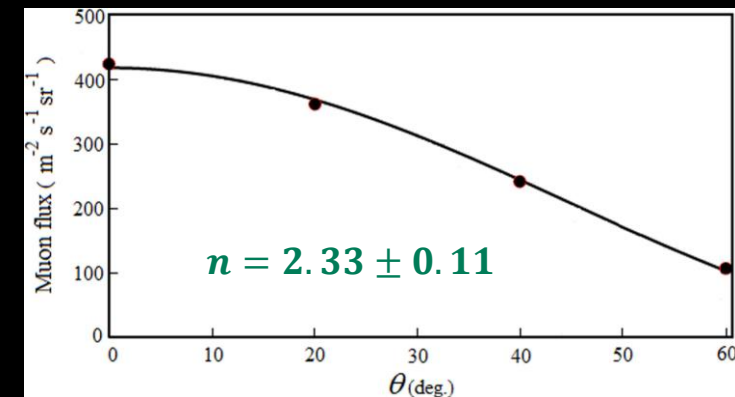
Il nostro obiettivo:

- Vogliamo verificare che $I(\theta) = I_0 \cos^n \theta$ e determinare I_0 e n .
- $I(\theta) = \frac{N(\theta)}{\Delta t A \Delta \Phi}$: è il numero di particelle per unità di tempo, area e angolo solido. Se A , $\Delta \Phi$ e Δt rimangono uguali, vale anche
 - $N(\theta) = N_0 \cos^n \theta$
- Dobbiamo misurare con il nostro rivelatore $N(\theta)$:il numero di muoni al variare dell'angolo!

MISURE PASSATE DICONO...



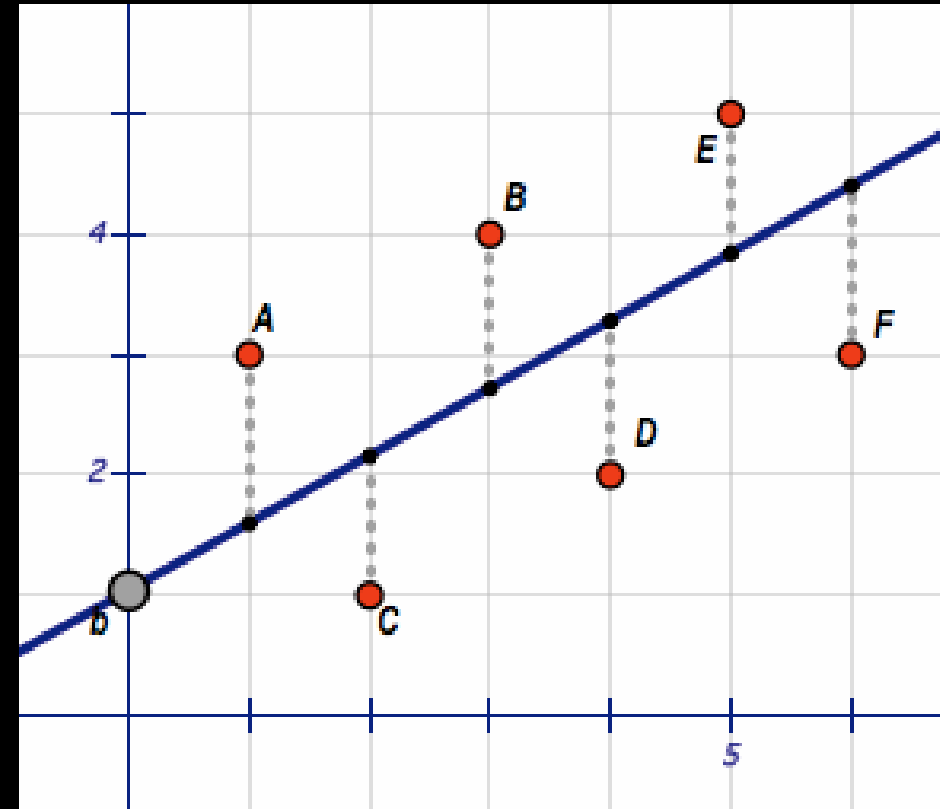
Fonte: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.74.082006>



Fonte: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.11.010>

“Fit” dei punti sperimentali

- Ma come misuriamo n a partire dai nostri valori sperimentali (conteggi)?
- Una volta ottenute diverse misure di $N(\theta)$ utilizzeremo una tecnica di “fit” per verificare la legge sperimentale $N(\theta) = N_0 \cos^n \theta$
- *Curve fitting*: processo di costruzione di una curva o di una funzione matematica, che abbia la migliore corrispondenza a una serie di punti assegnati

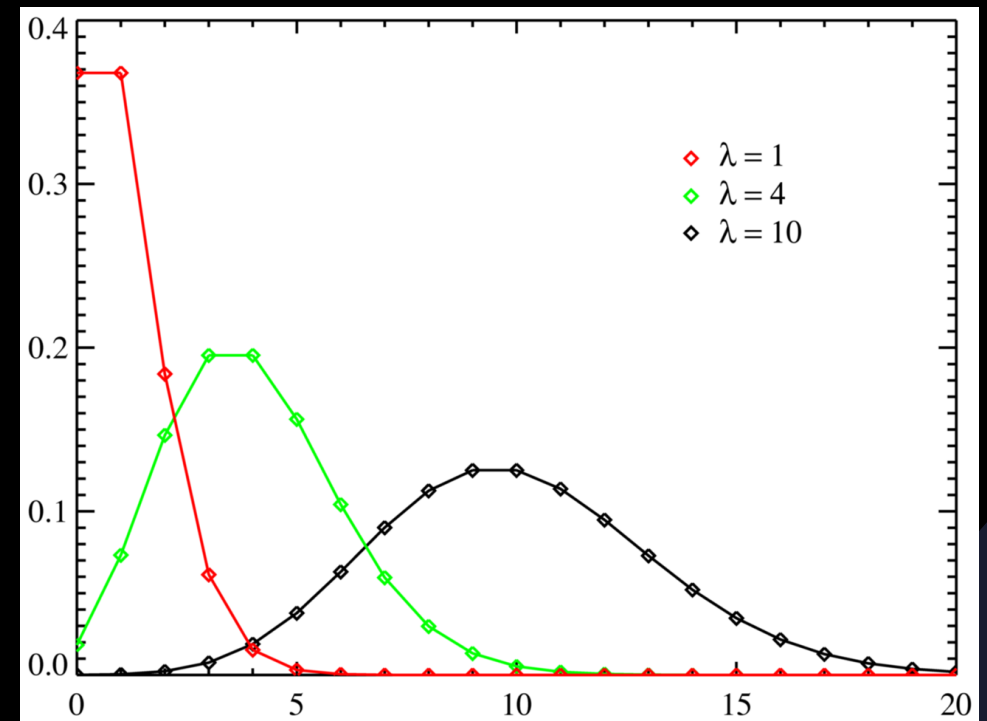


Incertezze sperimentali: conteggi

- Ogni misura è affetta da incertezze.
- Noi misureremo un flusso: numero di conteggi N per intervallo di tempo fissato ΔT
- Incertezze su N ?
 - Sappiamo che N segue una distribuzione di Poisson: la dispersione rispetto al valore medio è descritta dalla sua deviazione standard: quindi $N \pm \sqrt{N}$
- Incertezza statistica sul flusso: $I(\vartheta) = N/\Delta T \pm \sqrt{N}/\Delta T$

Come possiamo ridurre l'incertezza??

Distribuzione di Poisson



Errore statistico: una questione di “tempo”

- Immaginiamo di fare una misura di N conteggi in un tempo ΔT
- Avremo un'incertezza statistica $\sigma = \sqrt{N} / \Delta T$
- Cosa succede se facciamo una misura 10 volte piu' lunga?

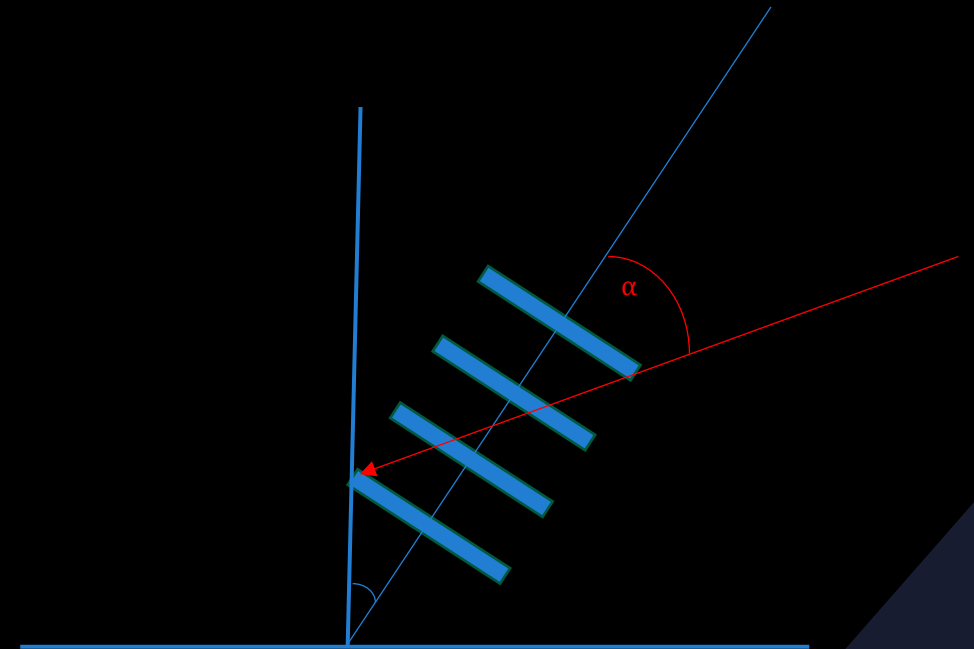
$$\Delta T \rightarrow 10 \Delta T \quad N \rightarrow \sim 10 N$$

$$\sigma \rightarrow \sim \sqrt{10 N} / (10 \Delta T) \rightarrow \sigma / \sqrt{10}$$

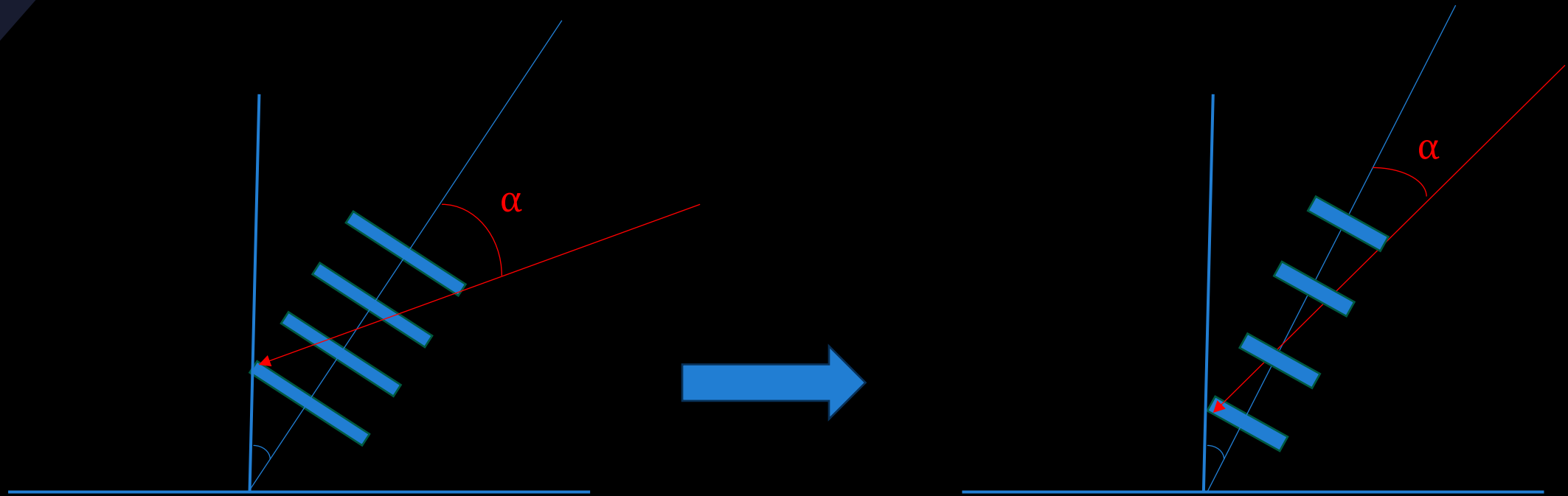
- *L'errore statistico (relativo) diminuisce all'aumentare del tempo di misura!*

Incertezze sperimentali: angoli

- Ciascuna misura è affetta da incertezze.
- Incertezze su θ :
 - Con quale incertezza misuriamo l'angolo a cui incliniamo il nostro rivelatore?
 - Il nostro rivelatore non è puntiforme... siamo sicuri di star selezionando solo un valore di θ ? $\theta_0 \pm \alpha$



Incertezza e apparato sperimentale



L'incertezza sull'angolo puo' essere ridotta ottimizzando l'apparato sperimentale, ma a che prezzo?

Ora tocca a voi!