

---

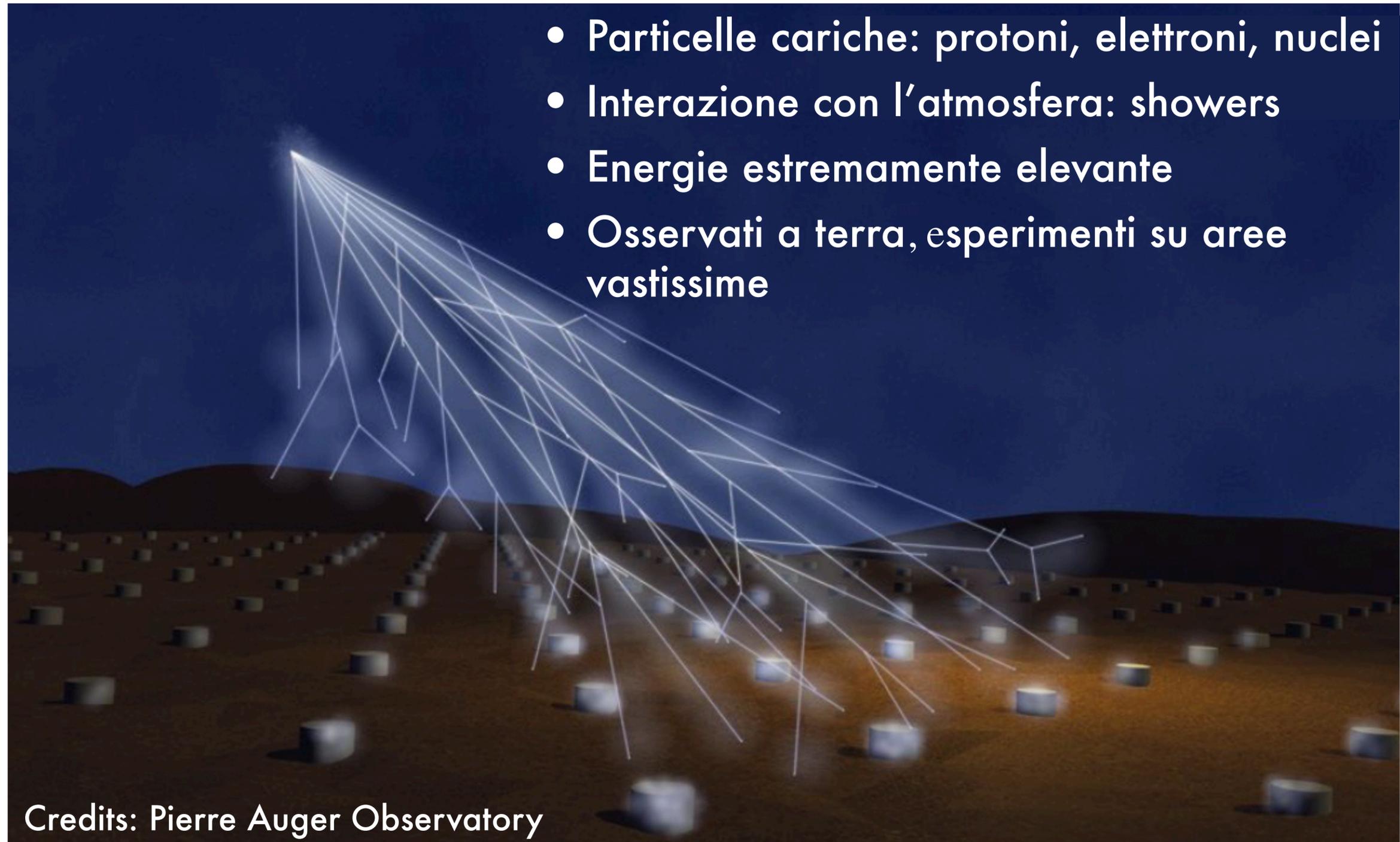
# Alla scoperta dei raggi gamma e del telescopio MAGIC!

---

# Particelle e messaggeri dall'universo

- Raggi cosmici

- Particelle cariche: protoni, elettroni, nuclei
- Interazione con l'atmosfera: showers
- Energie estremamente elevate
- Osservati a terra, esperimenti su aree vastissime



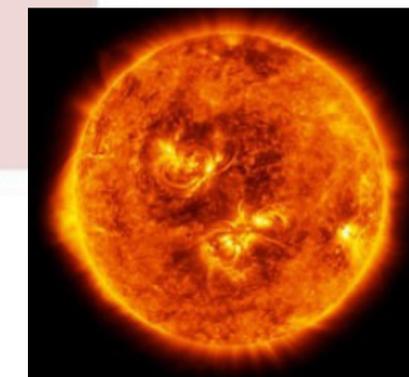
Credits: Pierre Auger Observatory

# Particelle e messaggeri dall'universo

- Raggi cosmici
- Neutrini

	Fermions			Bosons	
Quarks	$u$ up	$c$ charm	$t$ top	$\gamma$ photon	Force carriers
	$d$ down	$s$ strange	$b$ bottom	$Z$ Z boson	
Leptons	$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino	$W$ W boson	
	$e$ electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau	$g$ gluon	

- Particella elementare
- Leggero e neutro
- Interagisce molto poco
- Molto comune



# Particelle e messaggeri dall'universo

- Raggi cosmici
- Neutrini
- **Fotoni**

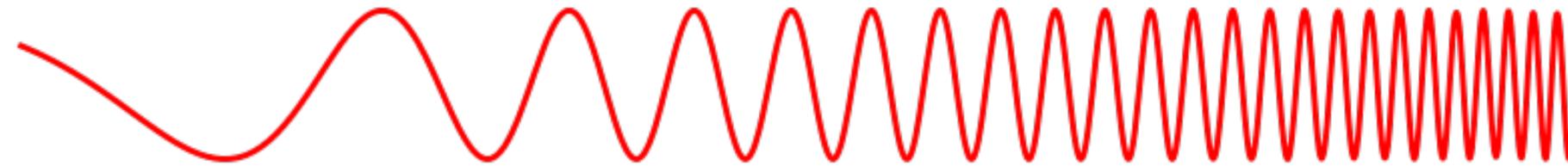


- Onde radio
- Microonde
- Luce infrarossa
- Luce visibile
- Luce UV
- Raggi X
- **Raggi gamma**

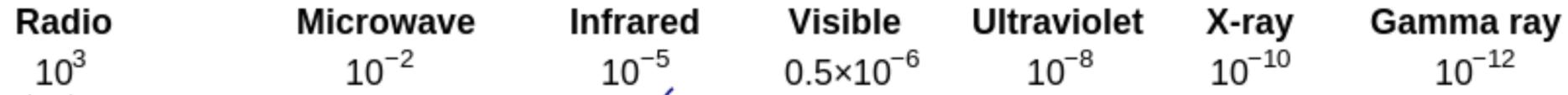


# Fotoni

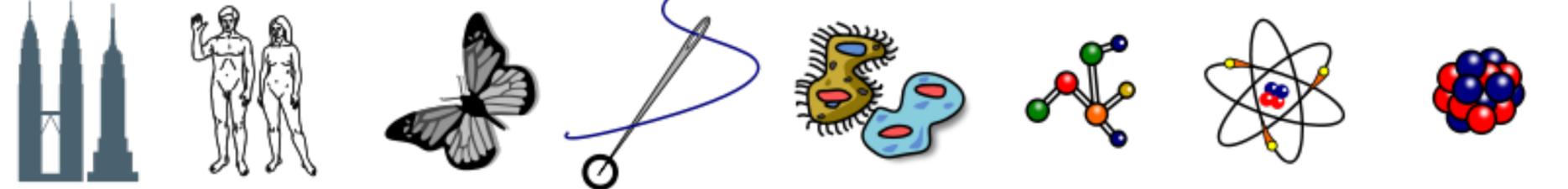
Penetrates Earth's Atmosphere?



Radiation Type  
Wavelength (m)

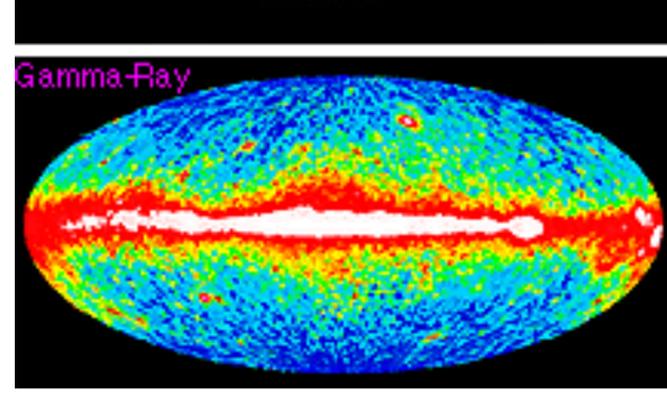
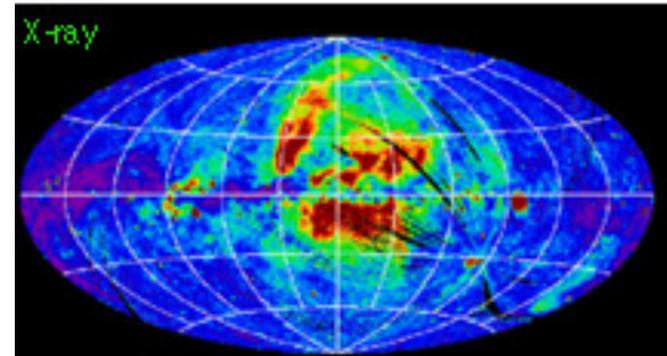
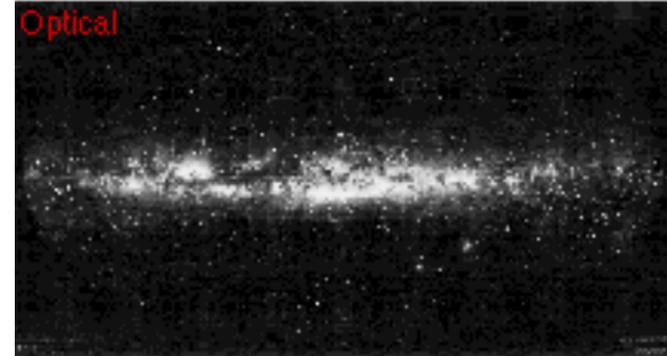
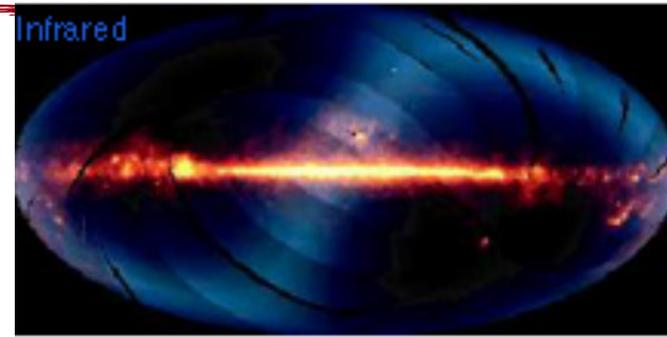
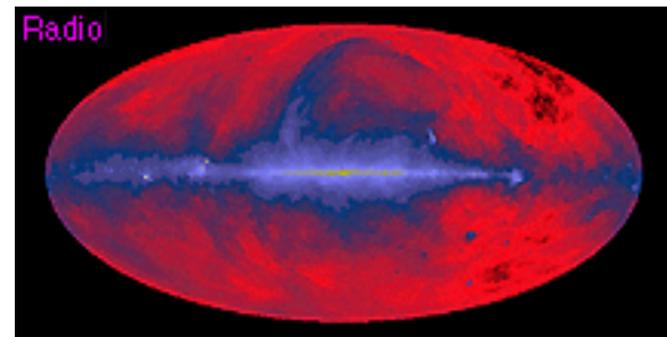
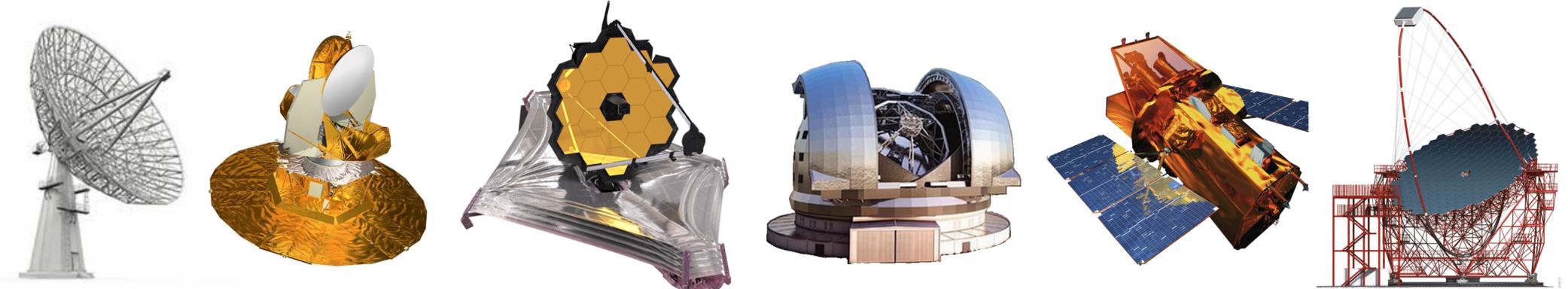
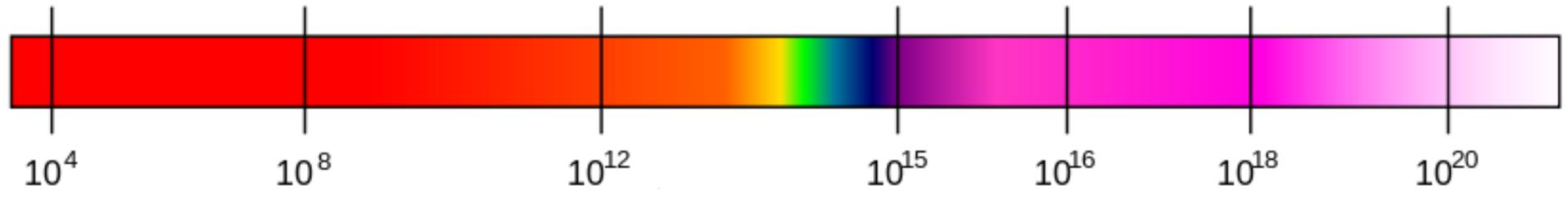


Approximate Scale  
of Wavelength



Buildings Humans Butterflies Needle Point Protozoans Molecules Atoms Atomic Nuclei

Frequency (Hz)



# Fotoni

Penetrates Earth's Atmosphere?



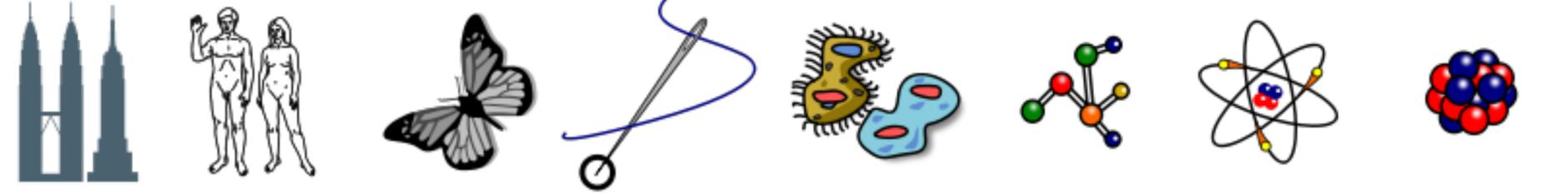
No osservazione diretta

Alta frequenza  
Alta energia  
( $\sim 10^{12}-10^{13}$  eV)

Radiation Type  
Wavelength (m)

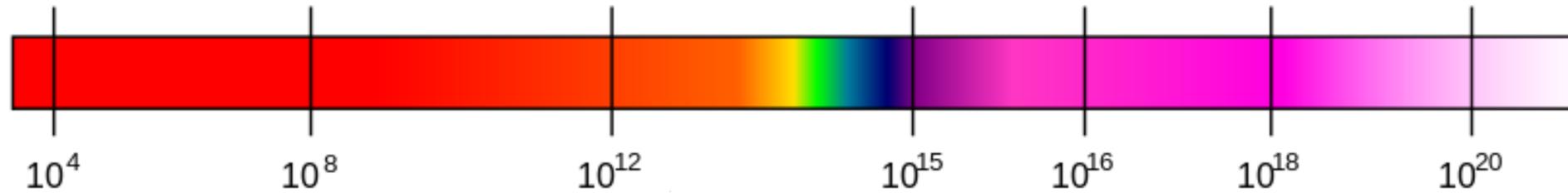


Approximate Scale of Wavelength

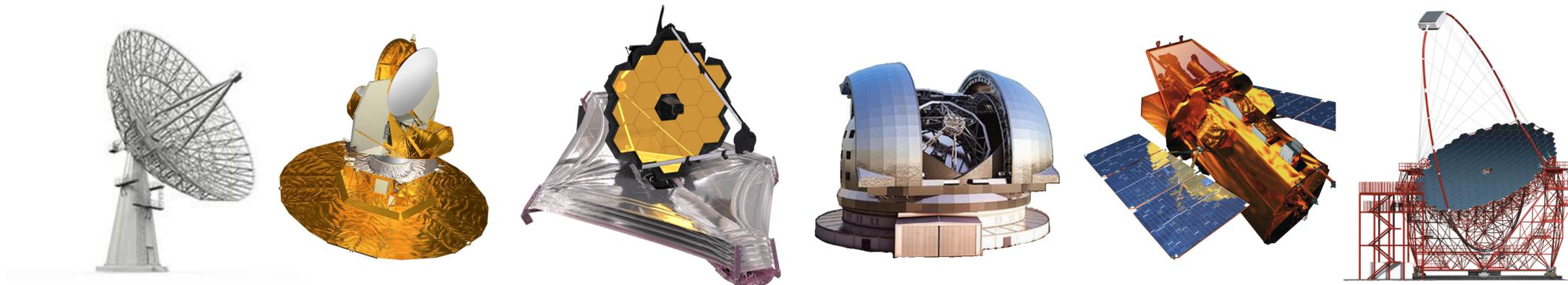


Buildings Humans Butterflies Needle Point Protozoans Molecules Atoms Atomic Nuclei

Frequency (Hz)

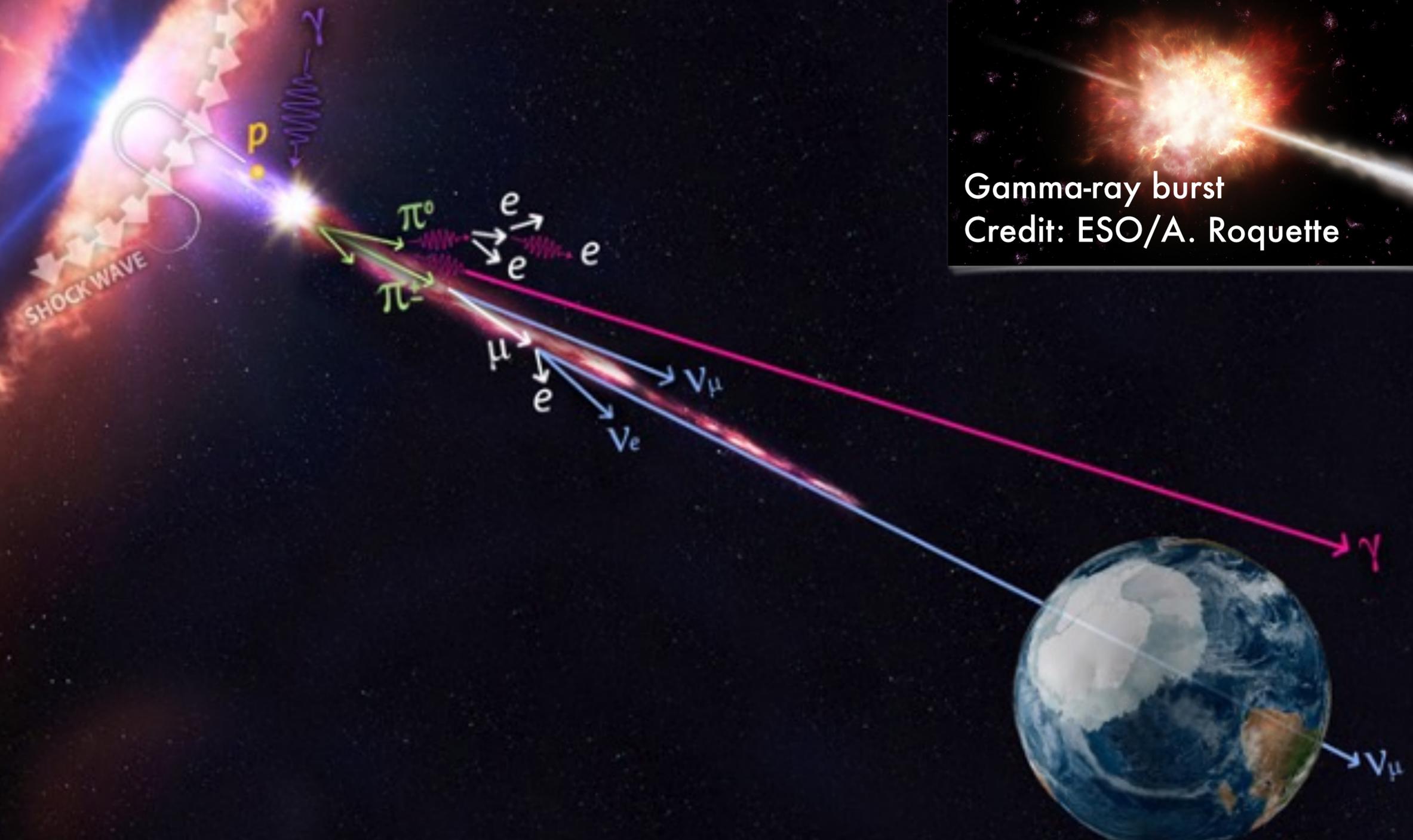


Lampade abbronzanti:  $\sim 4$  eV  
Radiografie:  $\sim 10$  keV =  $10^4$  eV



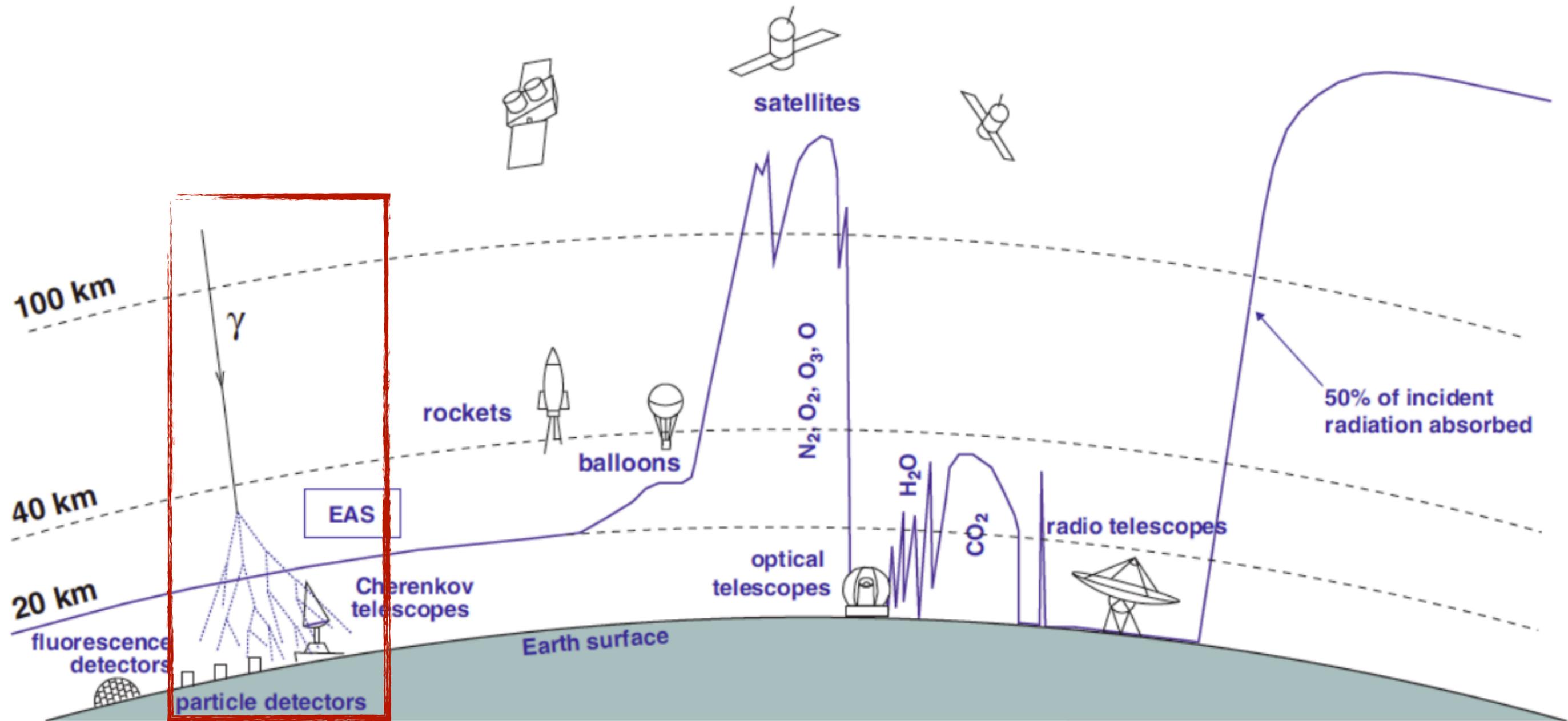
Nucleo galattico  
attivo

# Da dove vengono?



Credit: IceCube Collaboration

# Come li osserviamo?



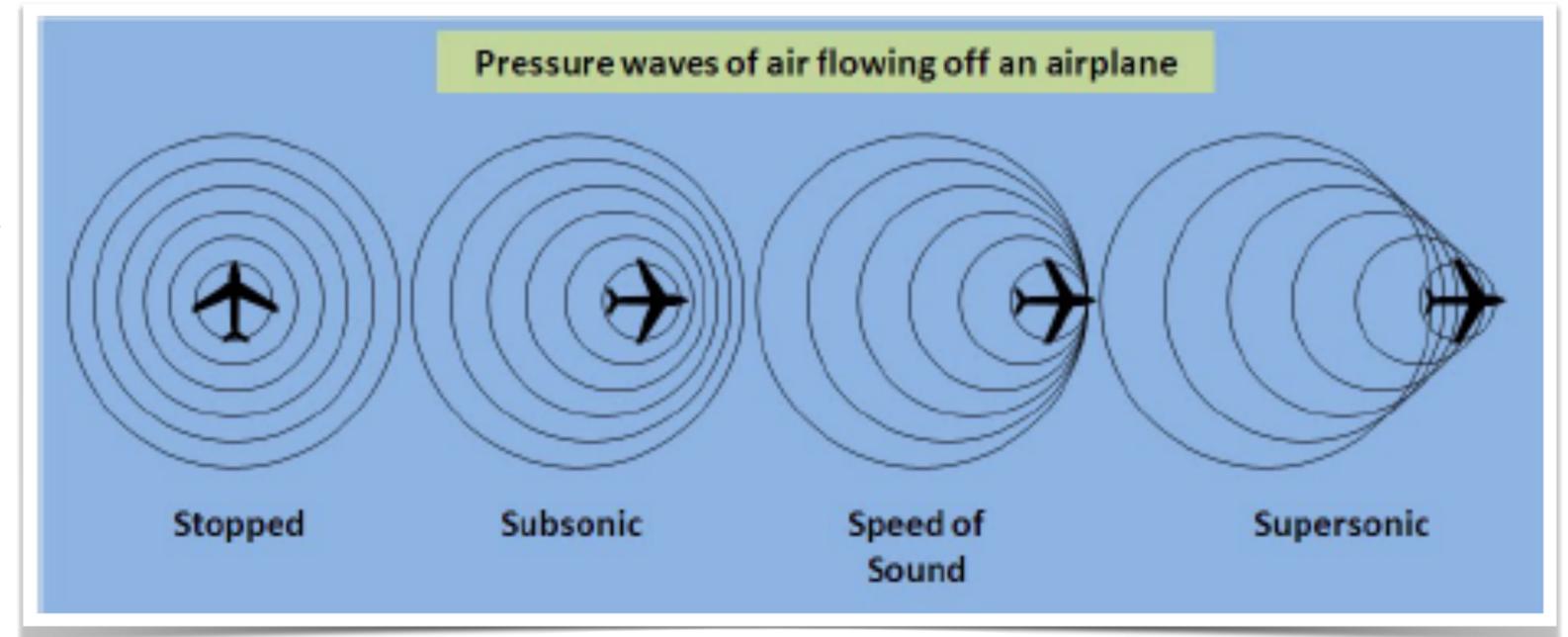
# Interazione con l'atmosfera

- L'interazione dei raggi gamma con l'atmosfera crea "cascate di particelle"
- Noi vediamo i prodotti di queste interazioni

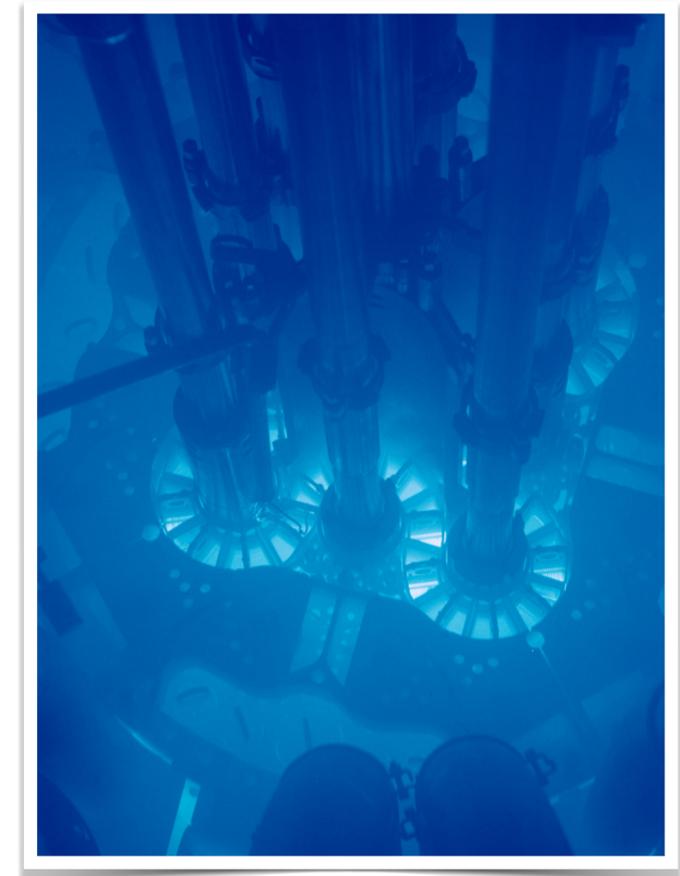


# Effetto Cherenkov

- Particella in moto in un mezzo con velocità maggiore della velocità della luce nello stesso mezzo
- Simile al boom sonico degli aerei

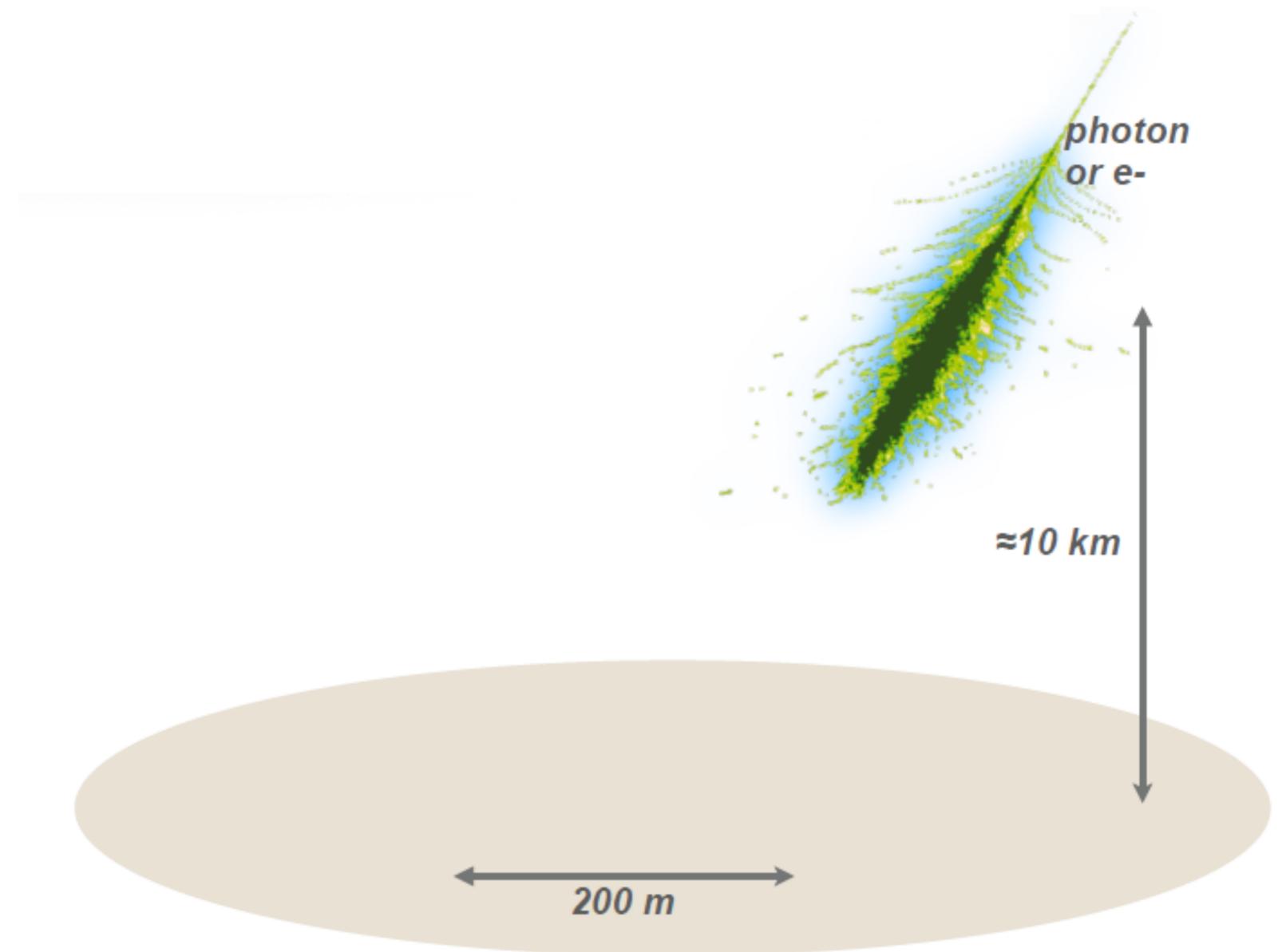


- Luce Cherenkov: luce blu
- Non visibile ad occhio nudo:  $\sim 9$  ns



# Mettiamo tutto insieme...

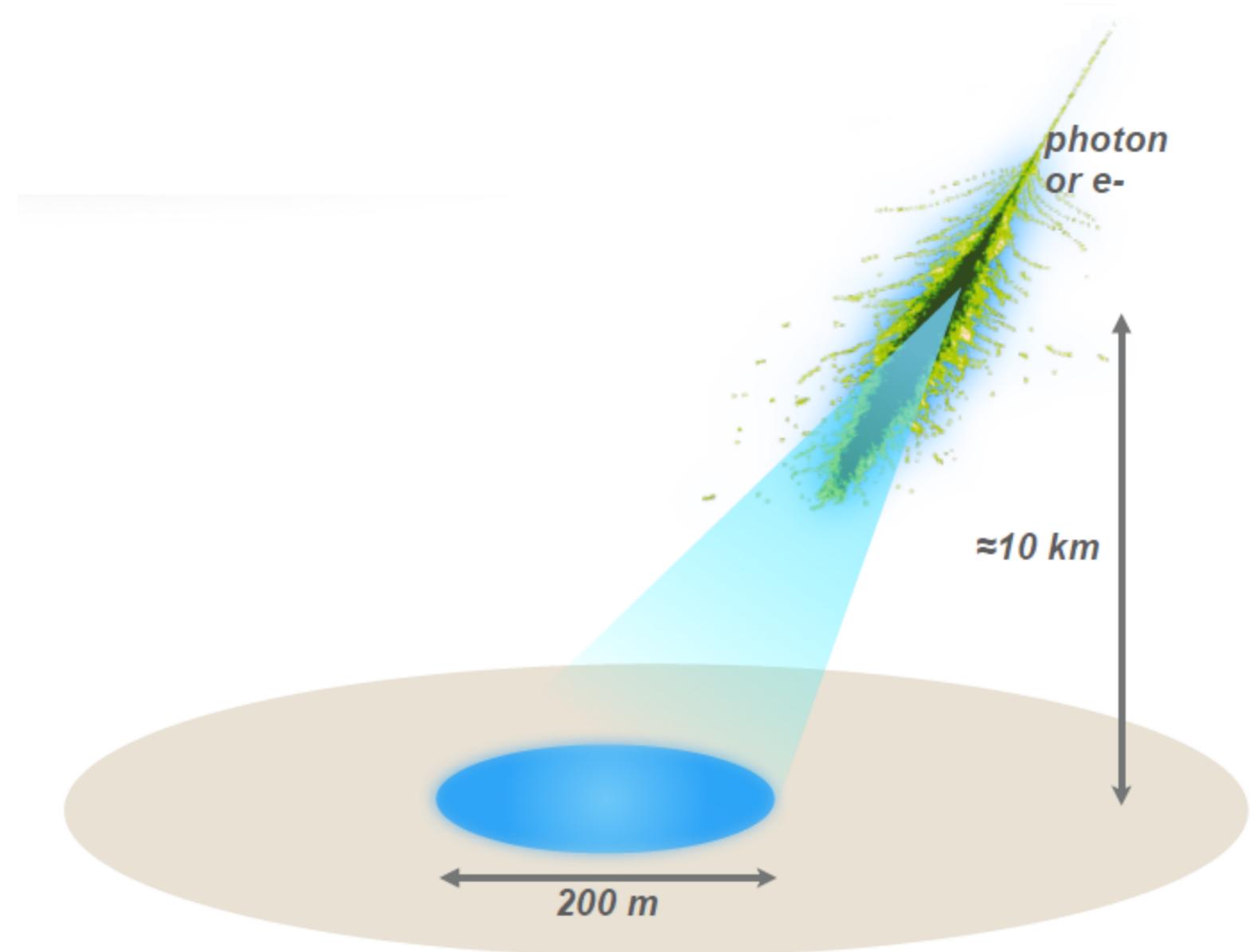
- Fotone di alta energia **interagisce** con l'atmosfera
- Cascata di particelle



Credits: K. Kosack

# Mettiamo tutto insieme...

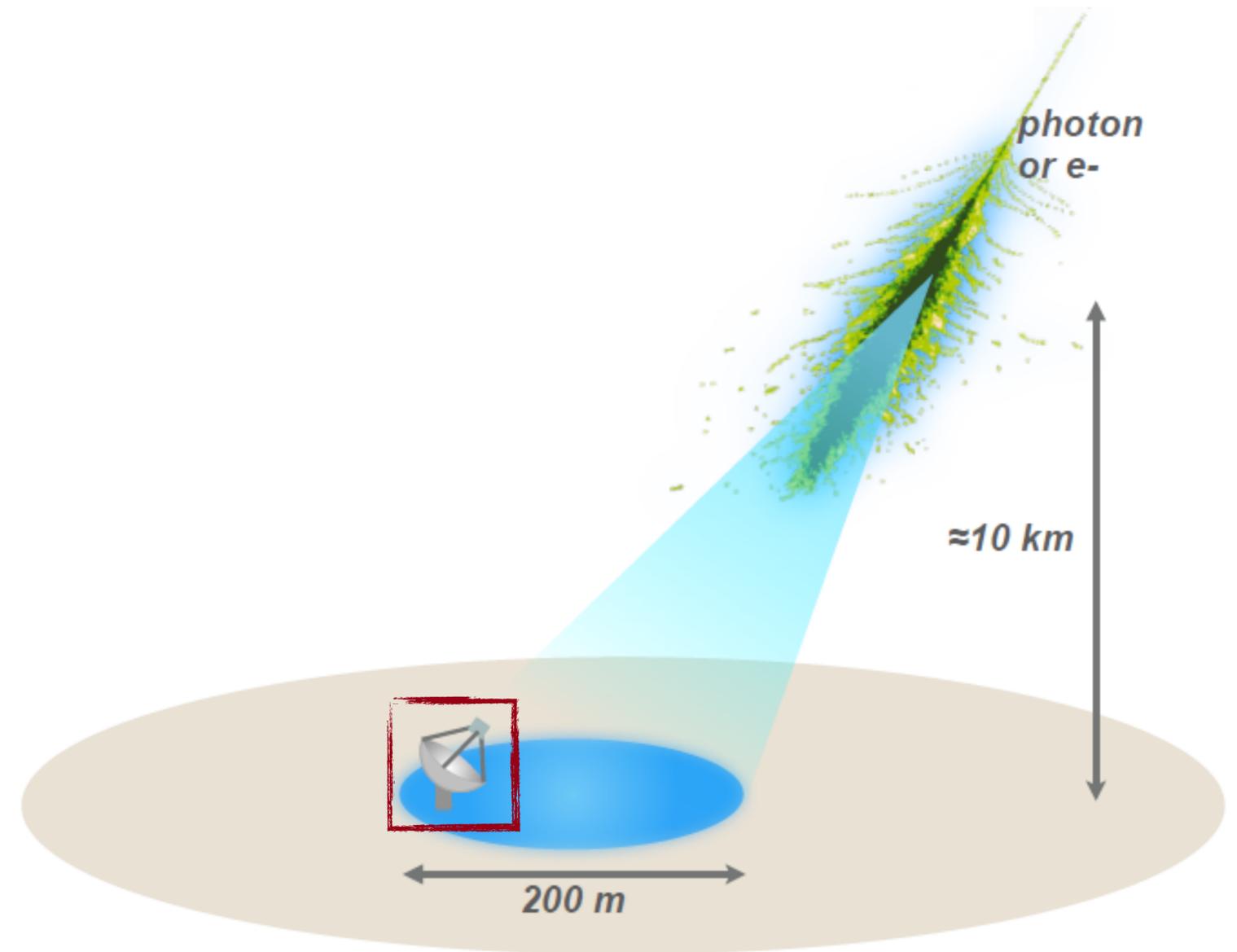
- Fotone di alta energia **interagisce** con l'atmosfera
- Cascata di particelle
- Emissione di luce Cherenkov



Credits: K. Kosack

# Mettiamo tutto insieme...

- Fotone di alta energia **interagisce** con l'atmosfera
- Cascata di particelle
- Emissione di luce Cherenkov
- Osservazione della luce emessa

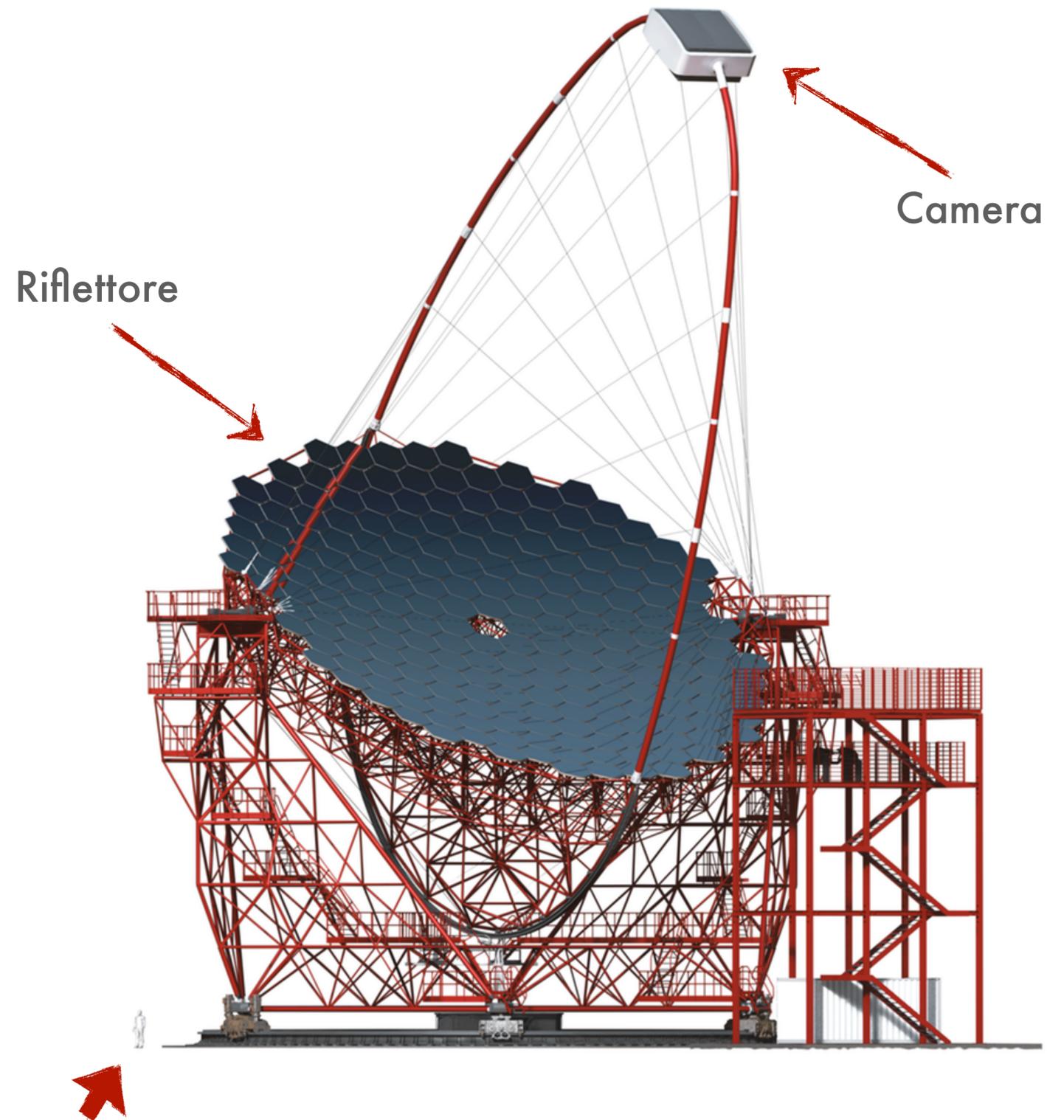


Credits: K. Kosack

# Telescopi Cherenkov

---

- Riflettore composto da specchi
- Camera dotata di un'elettronica estremamente veloce
- Struttura imponente ma leggera e veloce
- Velocità  $\sim 90^\circ$  in 13 s



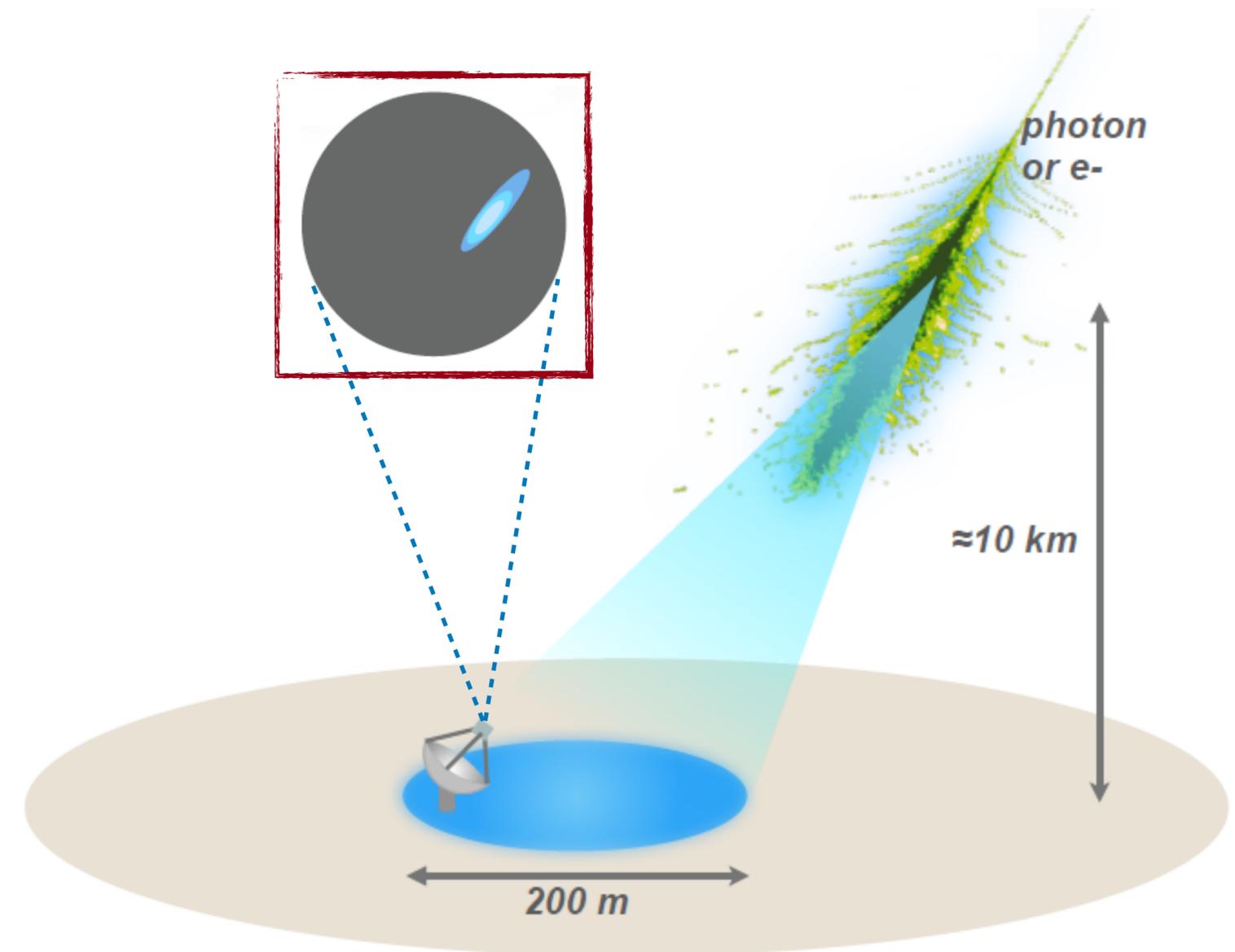
# Struttura imponente ma leggera

---



# Mettiamo tutto insieme...

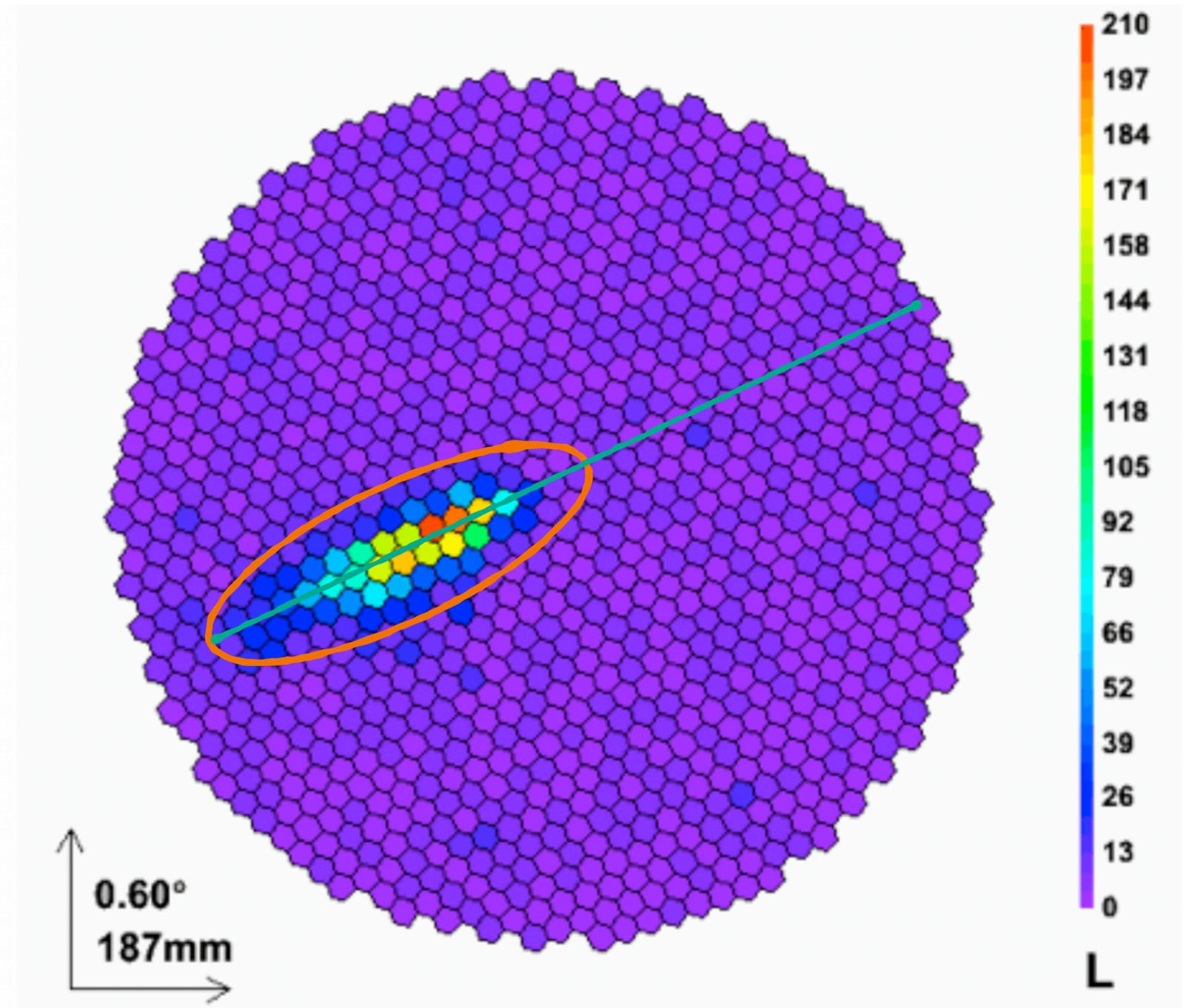
- Fotone di alta energia **interagisce** con l'atmosfera
- Cascata di particelle
- Emissione di luce Cherenkov
- Osservazione della luce emessa
- Conversione della luce Cherenkov in segnale elettrico & acquisizione dell'**immagine**



Credits: K. Kosack

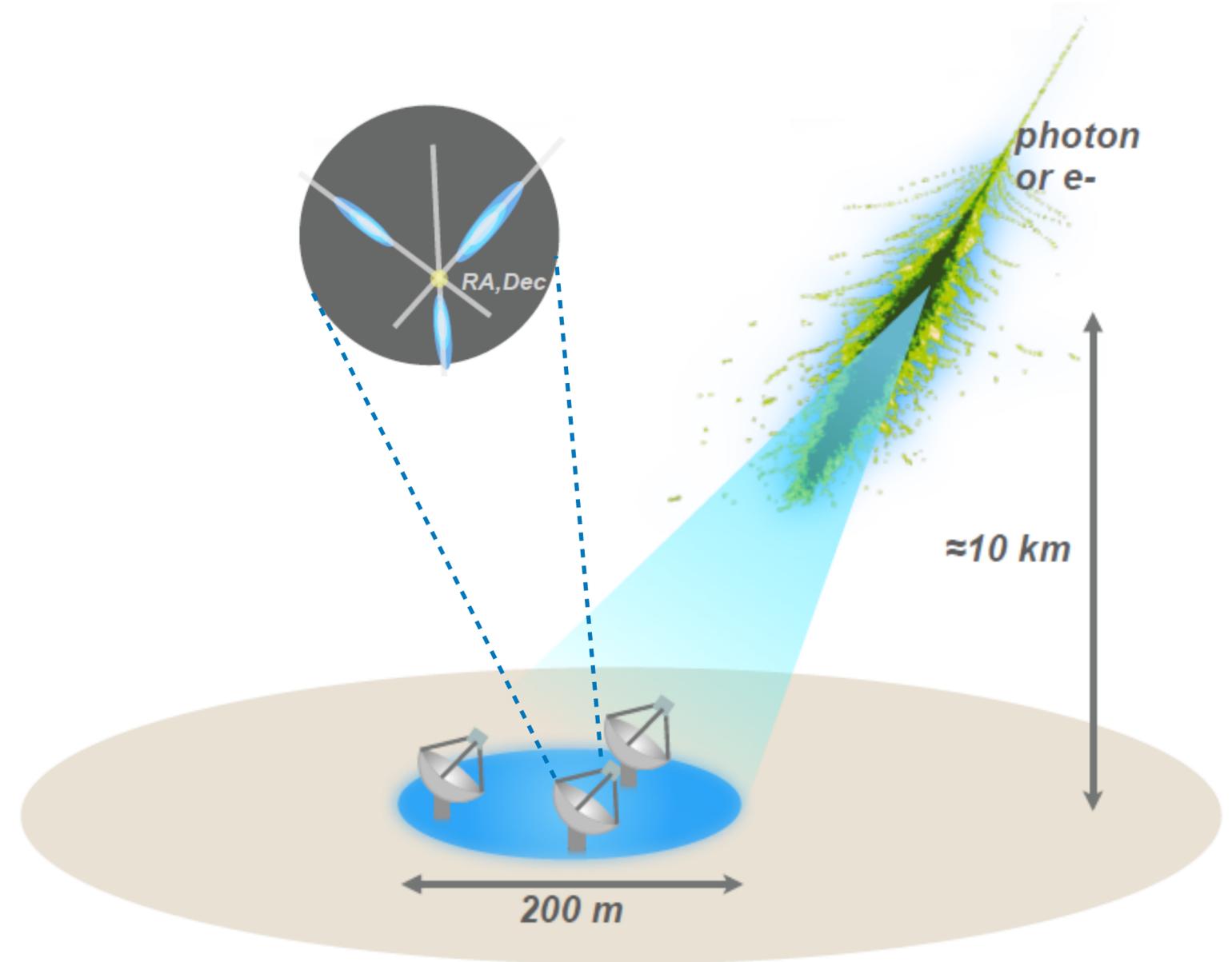
# Immagini gamma

- **Non** vediamo direttamente la sorgente
- Vediamo la traccia lasciata dal fotone emesso per effetto Cherenkov
  - Forma regolare
- L'immagine dà la quantità di luce Cherenkov vista da ogni pixel nella camera



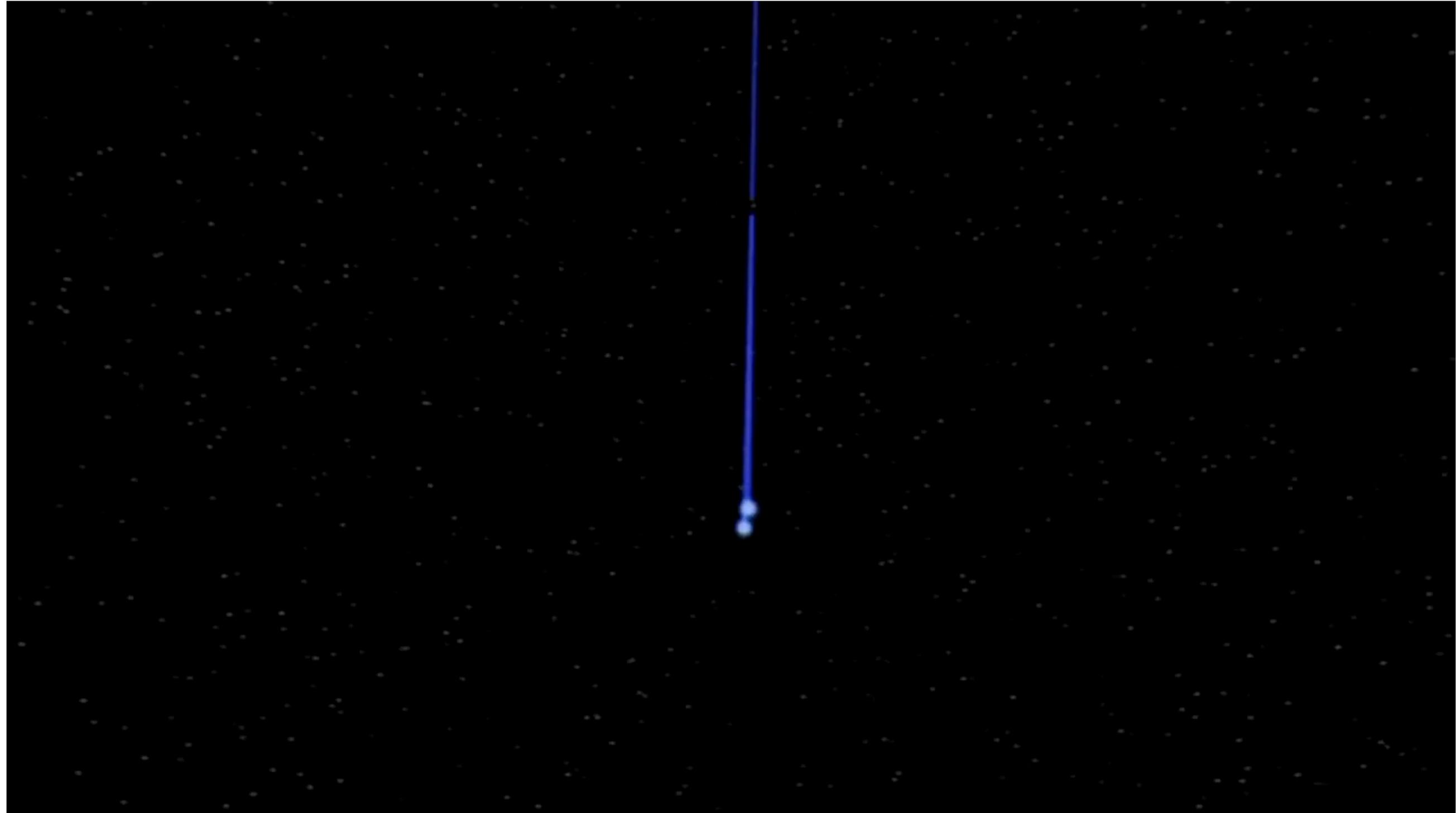
# Mettiamo tutto insieme...

- Fotone di alta energia **interagisce** con l'atmosfera
- Cascata di particelle
- Emissione di luce Cherenkov
- Osservazione della luce emessa
- Conversione della luce Cherenkov in segnale elettrico & acquisizione dell'**immagine**
- Più telescopi: migliore ricostruzione della **direzione** dell'evento



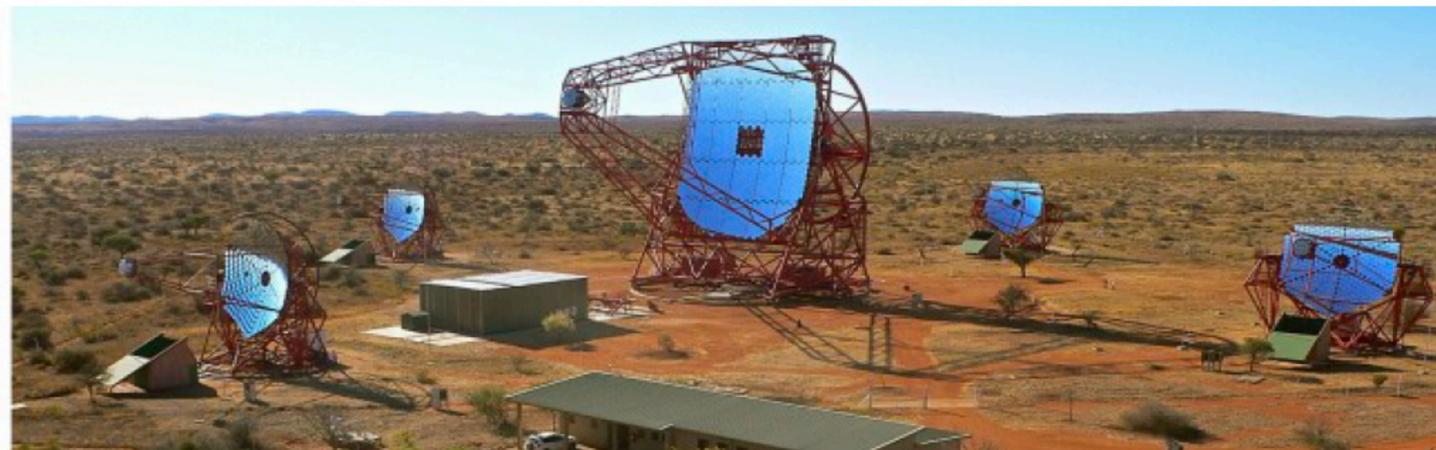
Credits: K. Kosack

# Mettiamo tutto insieme...

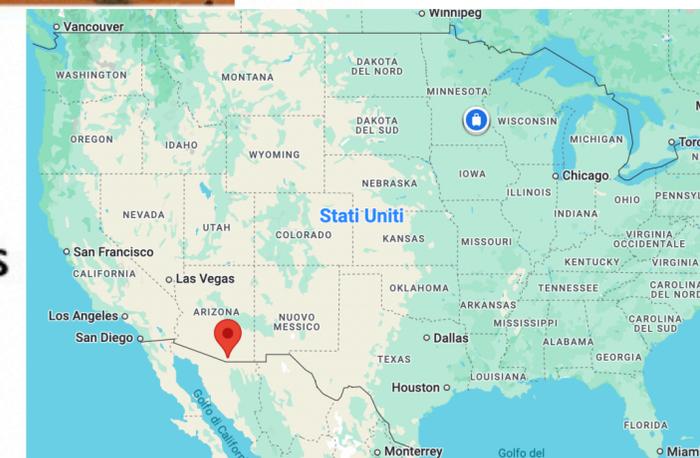




**H.E.S.S.**  
**Namibia**  
4 + 1 telescopes  
12 m + 28 m



**VERITAS**  
**Arizona**  
4 telescopes  
10 m



**MAGIC**  
**Canary Islands**  
2 telescopes  
17 m

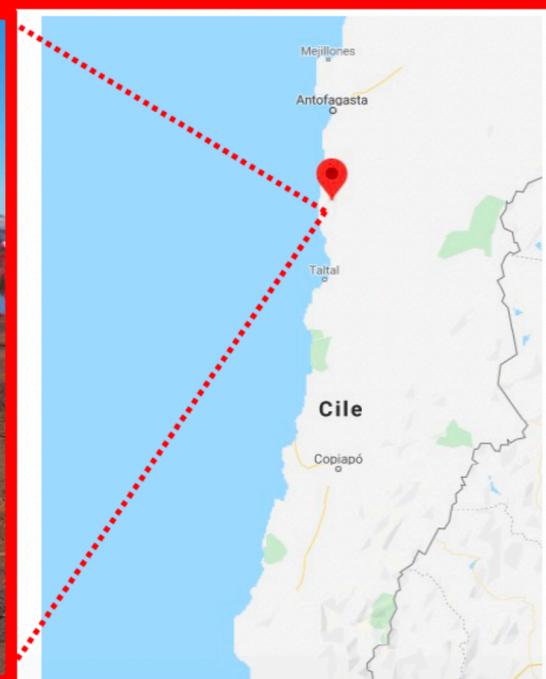
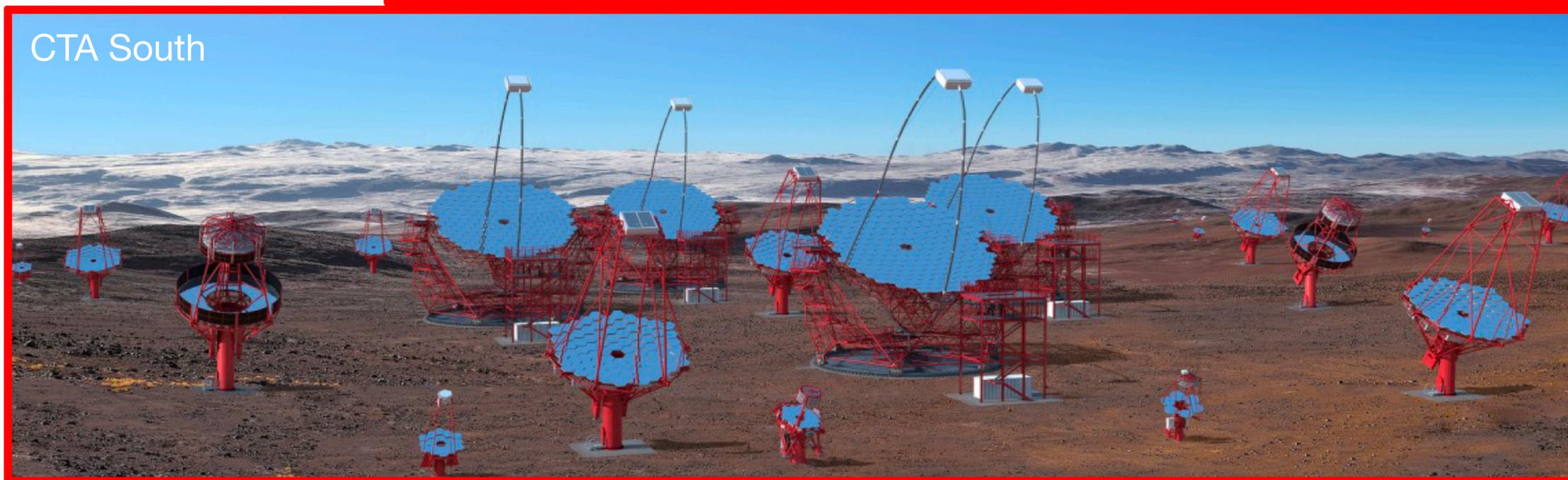
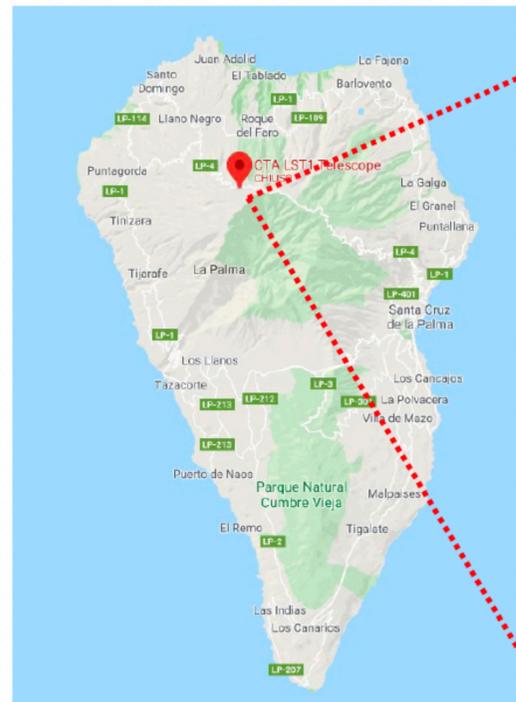


150 GeV

10 TeV

# In costruzione: Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO)

<https://www.cta-observatory.org/>



# MAGIC

La Palma, Isole Canarie

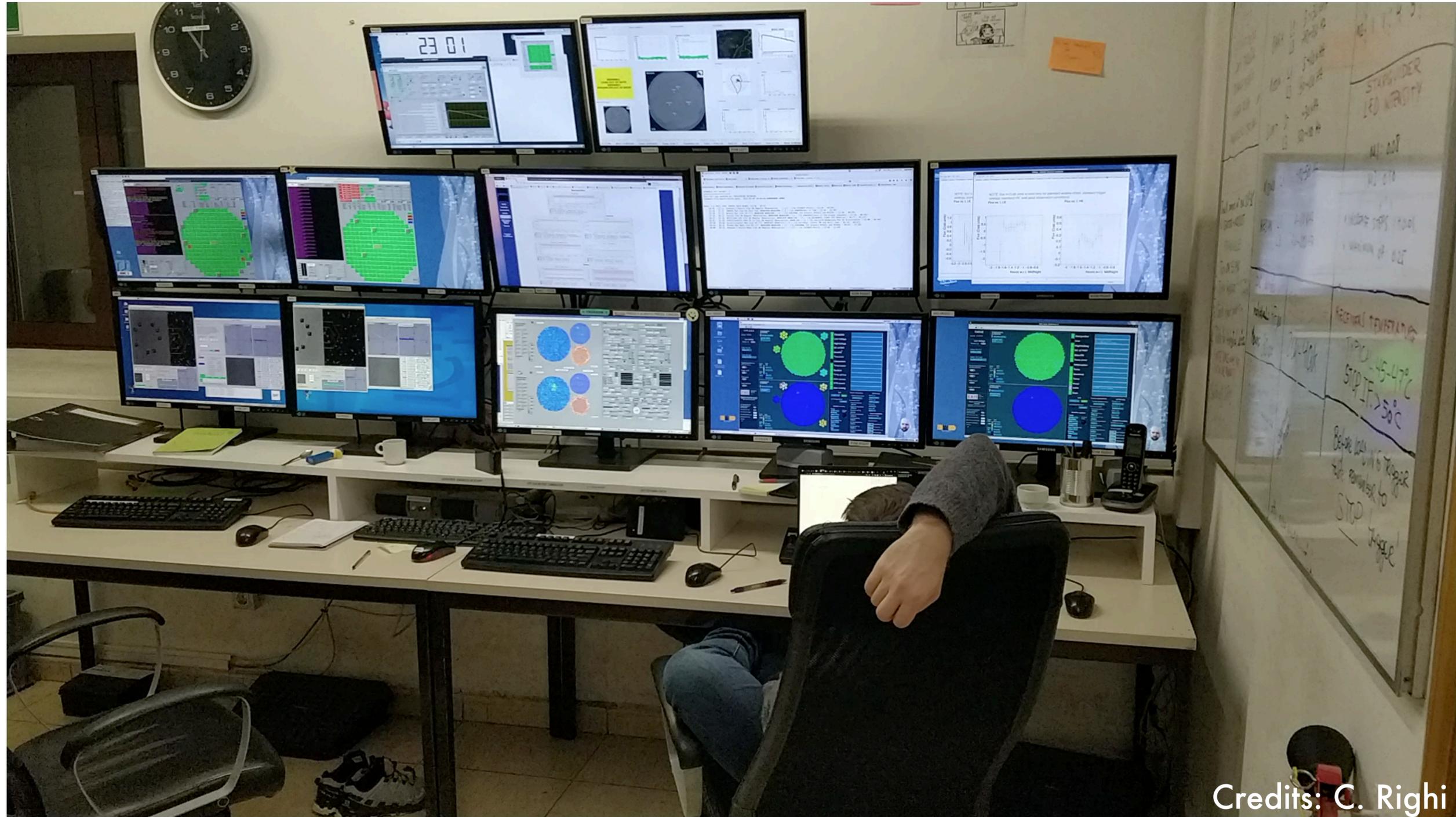
- Due telescopi a 86 m di distanza
- Riflettore di 270 m<sup>2</sup>, 17 m di diametro
- ~2200 m s.l.m.
- Cielo tipicamente limpido



# La Palma

---

# La Palma



Credits: C. Righi

# La Palma



Credits: C. Righi

Grazie per  
l'attenzione!





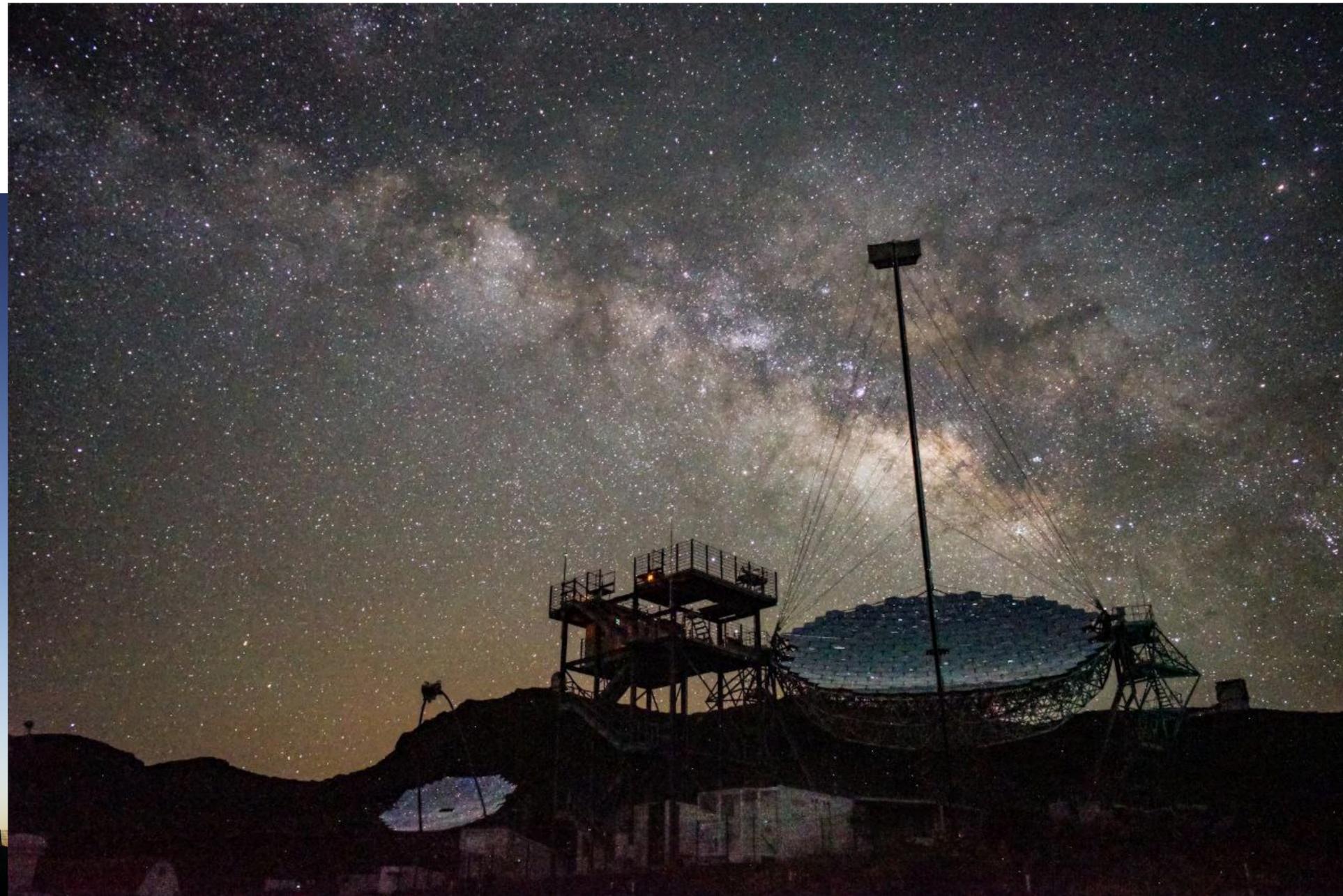
# La Palma



Credits: C. Righi

# La Palma

---



# Vita a La Palma

---



Credits: M. Pihet



Credits: M. Pihet

# La Palma

