

# Otkriće izvora astrofizičkih neutrina

**doc. dr. sc. Dario Hrupec**

Odjel za fiziku Sveučilišta u Osijeku

Zvezdarnica Zagreb, 13. veljače 2019.

# povod

The IceCube Collaboration et al. *Science* **361** 146 (2018)

13. srpanj 2018.

RESEARCH ARTICLE

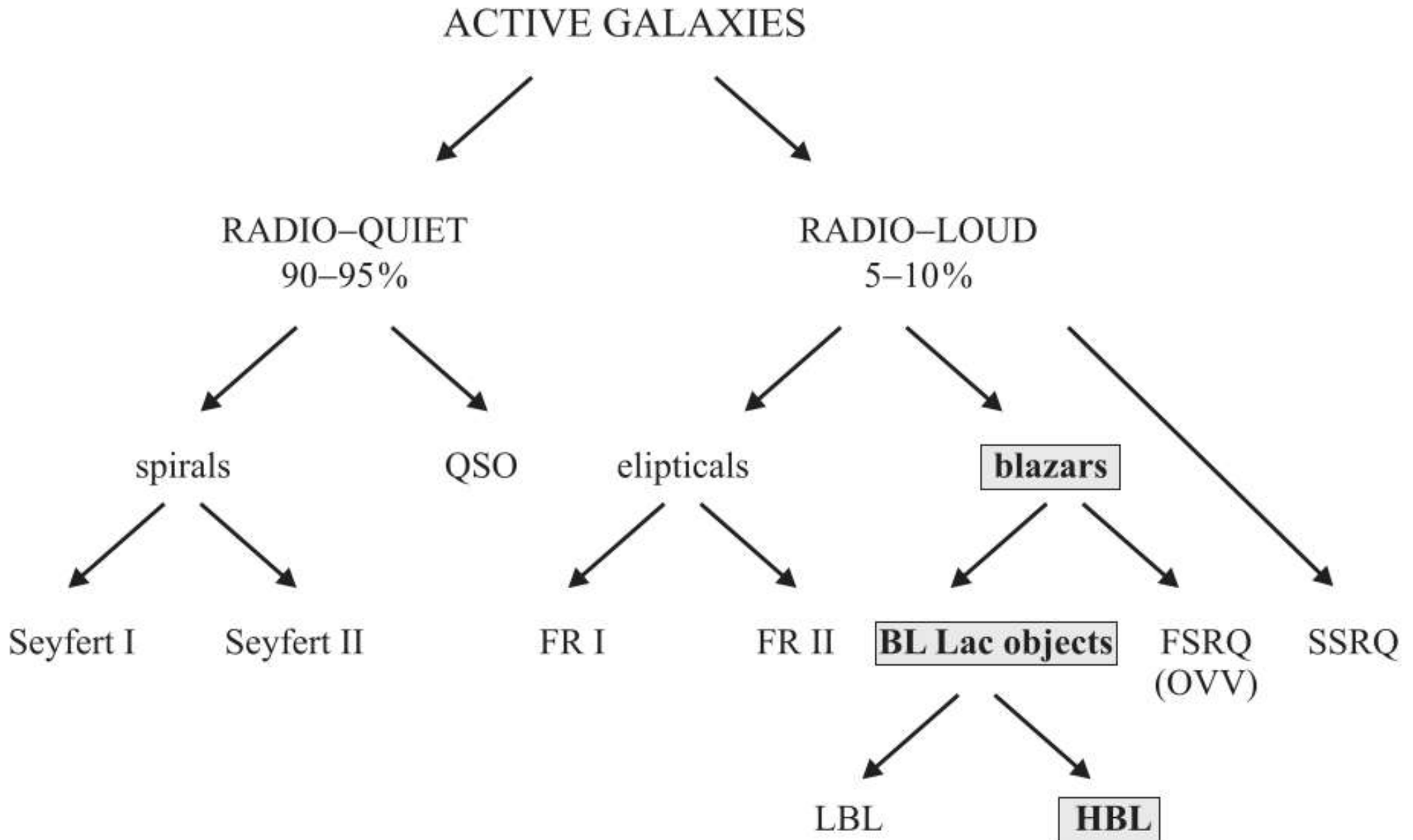
NEUTRINO ASTROPHYSICS

## Multimessenger observations of a flaring blazar coincident with high-energy neutrino IceCube-170922A

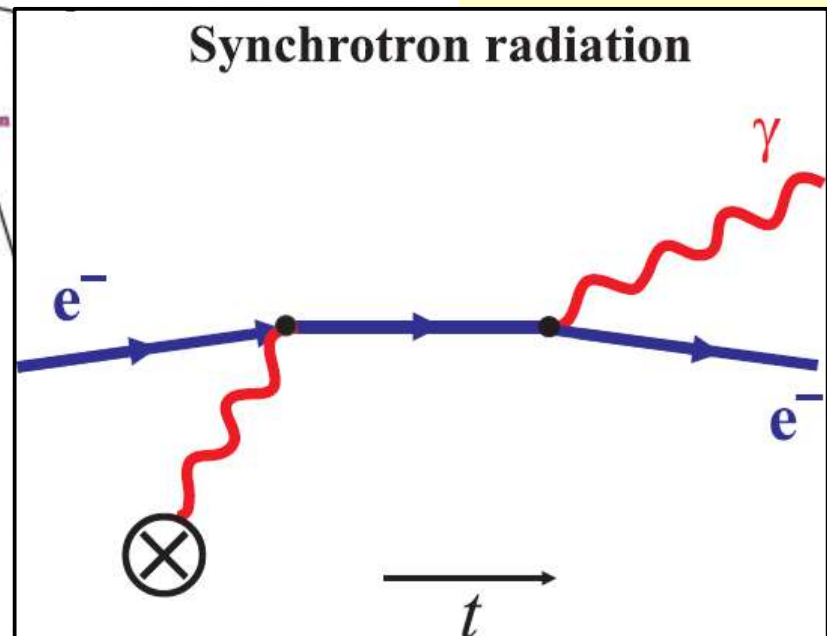
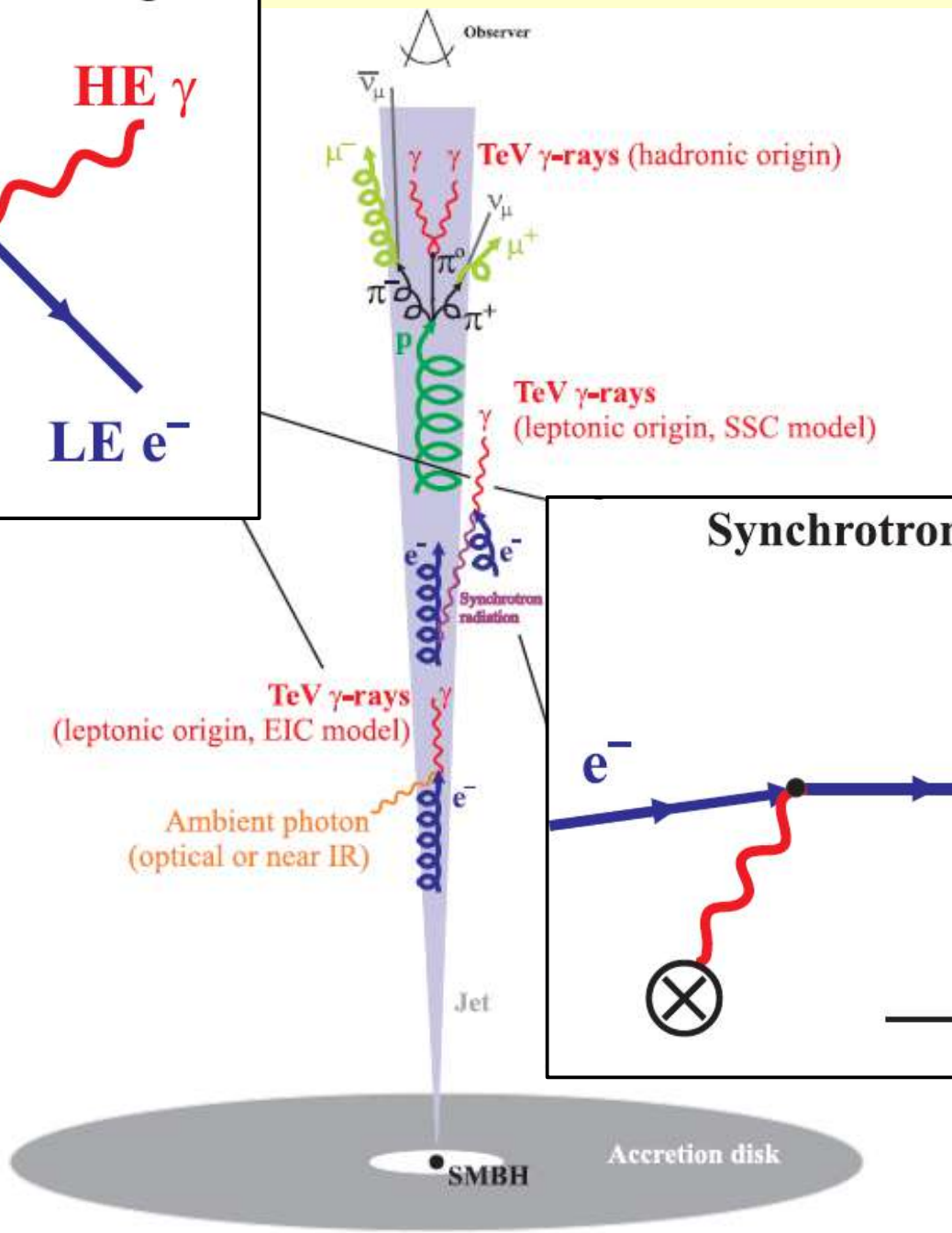
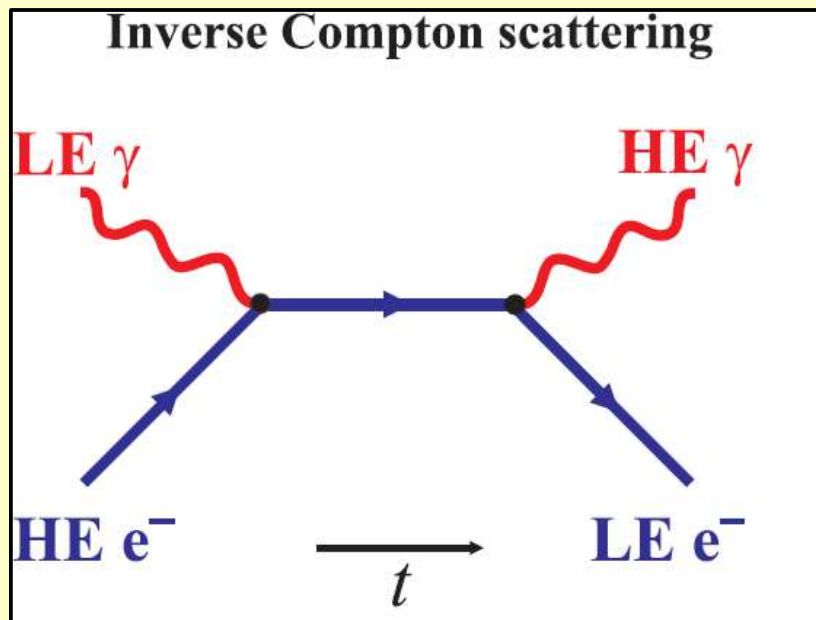
The IceCube Collaboration, *Fermi*-LAT, **MAGIC**, *AGILE*, ASAS-SN, HAWC, H.E.S.S., *INTEGRAL*, Kanata, Kiso, Kapteyn, Liverpool Telescope, Subaru, *Swift*/*NuSTAR*, VERITAS, and VLA/17B-403 teams\*†



# blazar



# blazar



# blazar: TXS 0506+056

**TXS 0506+056**    

Canonical Name: TXS 0506+056  
TeVCat Name: TeV J0509+056  
EHE 170922A  
Other Names: 3FGL J0509.4+0541  
3FHL J0509.4+0542  
VER J0509+057  
Source Type: Blazar  
R.A.: 05 09 25 (hh mm ss)  
Dec.: +05 42 09 (dd mm ss)  
Gal Long: 195.39 (deg)  
Gal Lat: -19.63 (deg)  
Distance:  $z=0.3365$   
Flux: 0.016 (Crab Units)  
Energy Threshold: 110 GeV  
Spectral Index: 4.8  
Extended: No  
Discovery Date: 2017-10  
Discovered By: **MAGIC**

## TeVCat

an online catalog for TeV Astronomy

<http://tevcat.uchicago.edu/>

5,7 milijardi svjetlosnih godina

MAGIC

# astrofizički neutrino

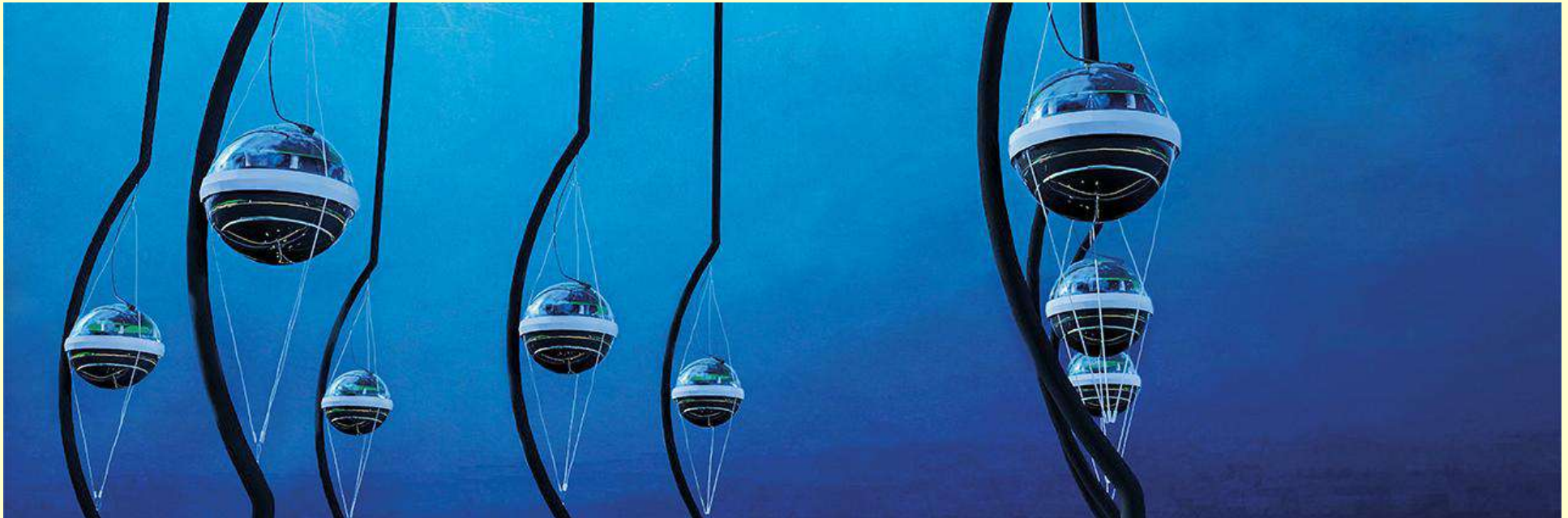
LEPTONI				KVARKOVI				
	približna masa ( $\text{MeV}c^{-2}$ )	naboj ( $e$ )	spin ( $\hbar$ )		približna masa ( $\text{MeV}c^{-2}$ )	naboj ( $e$ )	spin ( $\hbar$ )	
$\nu_e$ elektronski neutrino	<0,000 002 2	0	$\frac{1}{2}$	prva generacija	u gornji	0,002	$+\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$
$e$ elektron	0,511	-1	$\frac{1}{2}$		d donji	0,005	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$
$\nu_\mu$ mionski neutrino	<0,17	0	$\frac{1}{2}$	druga generacija	c čarobni	1,3	$+\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$
$\mu$ mion	105,7	-1	$\frac{1}{2}$		s strani	0,104	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$
$\nu_\tau$ tauonski neutrino	<15,5	0	$\frac{1}{2}$	treća generacija	t vršni	170	$+\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$
$\tau$ tau	1780	-1	$\frac{1}{2}$		b dubinski	4,2	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

# astrofizički neutrino

- iskazuje samo slabo međudjelovanje (jako mali doseg) i gravitacijsko (koje je za elementarne čestice zanemarivo)
- prolazi kroz tvar kao da je nema (duljina interakcije za 1 TeV neutrino u vodi je 2,5 milijuna km)
- tok solarnih neutrina na Zemlji je 65 milijardi po kvadratnom cm po sekundi
- približno 1 kvadratni metar puta taj tok daje 650 bilijuna (milijun milijuna) po sekundi
- masa svih neutrina koji su prošli kroz sve ljude koji su ikada živjeli, tijekom cijelog života, je oko 0,15 grama

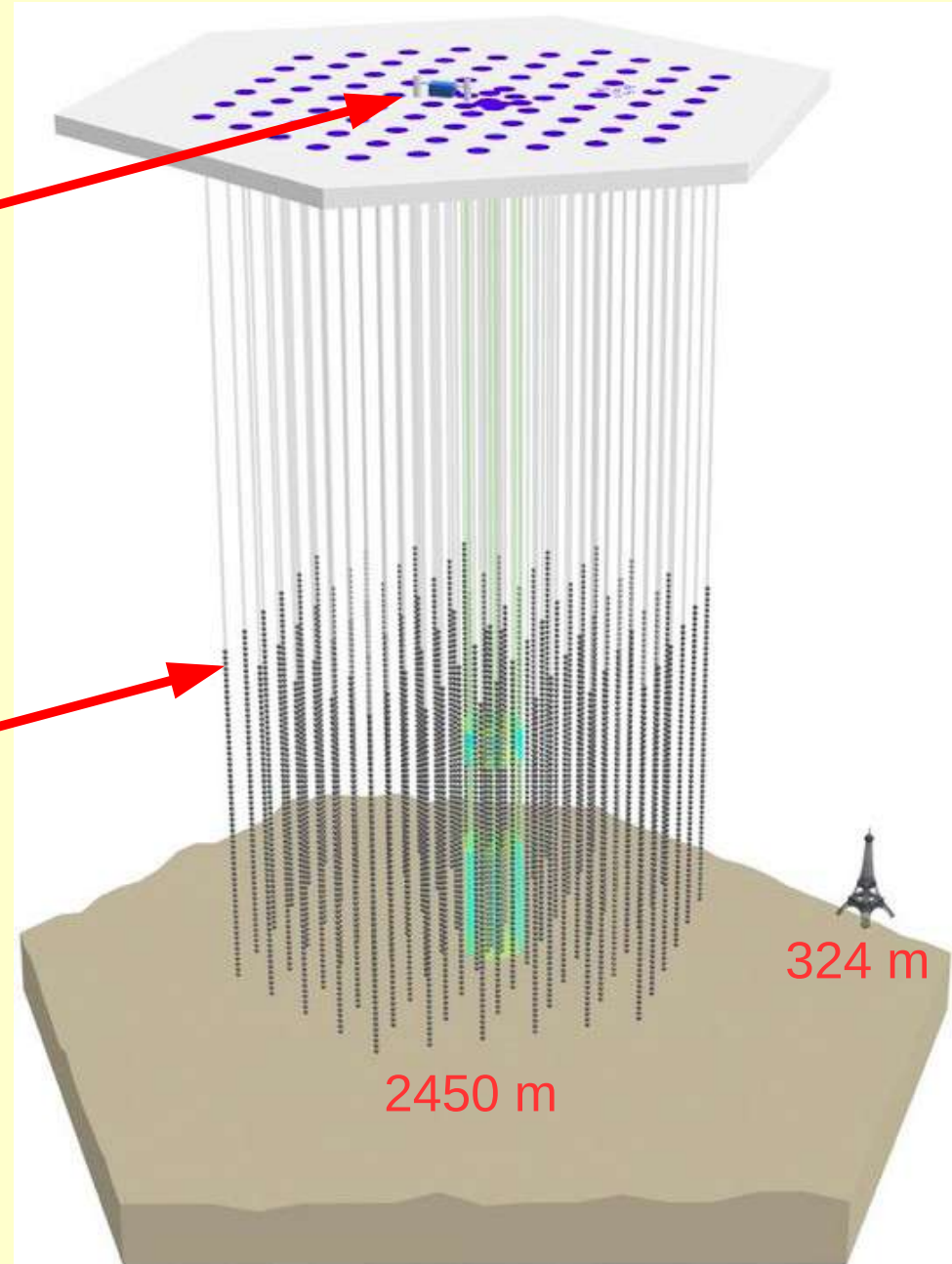
# IceCube

- Južni pol, detektor obujma kubičnog kilometra
- 60 optičkih modula po nizu, 86 nizova
- 275 atmosferskih neutrina na dan (oko 100000 na godinu)
- **oko 100 astrofizičkih neutrina na godinu**



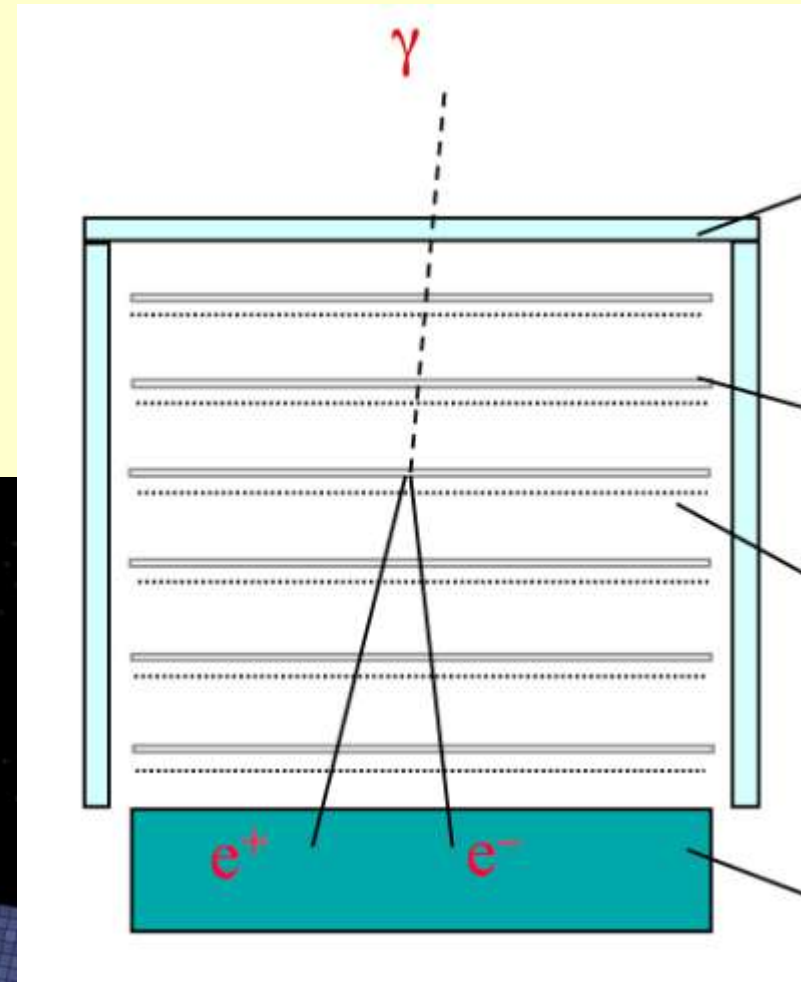
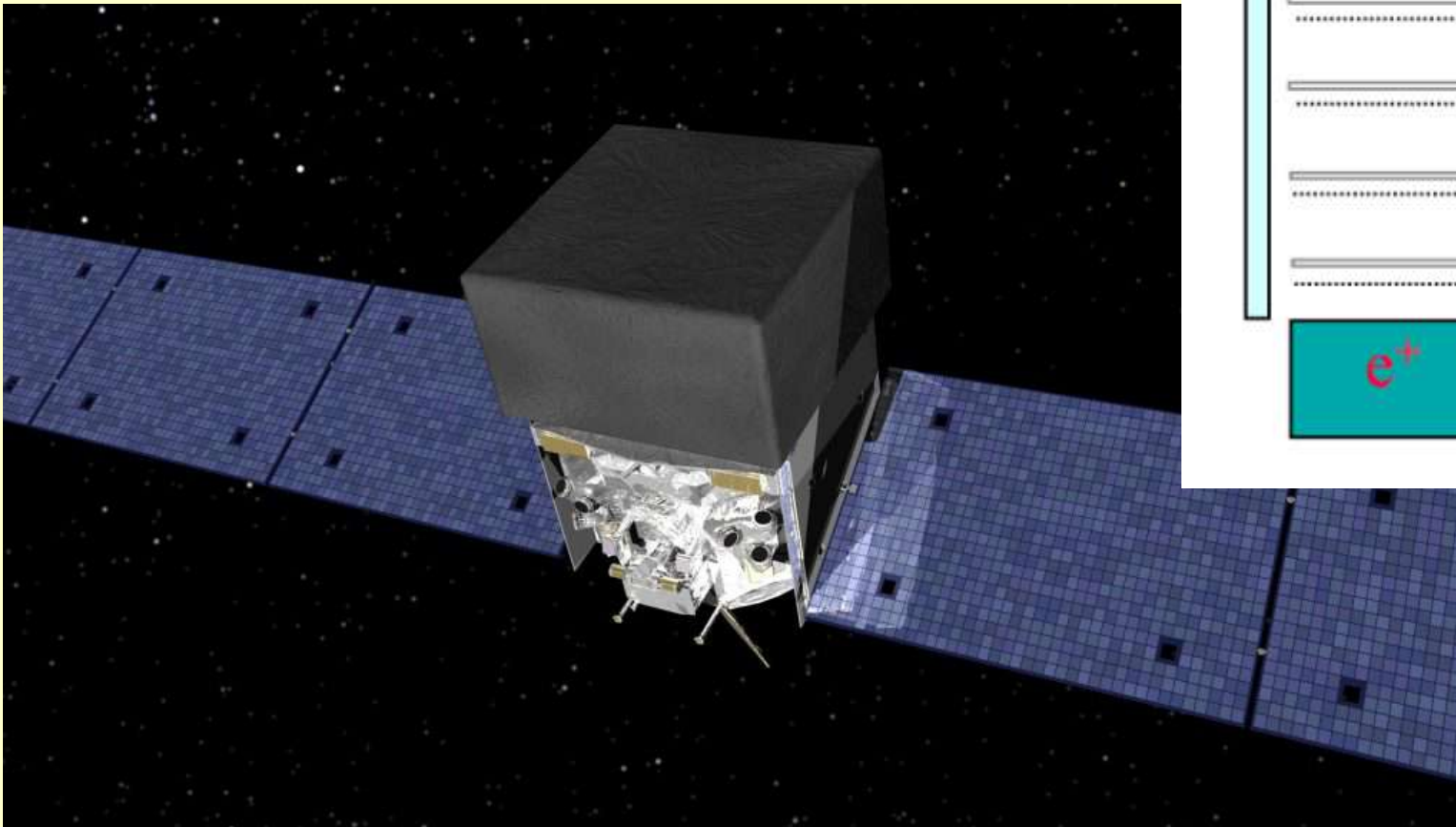


# IceCube



# Fermi – LAT

- od 20 MeV do 300 GeV
- energijsko razlučivanje  $< 15\%$
- kutno razlučivanje  $< 0.15^\circ$



# MAGIC

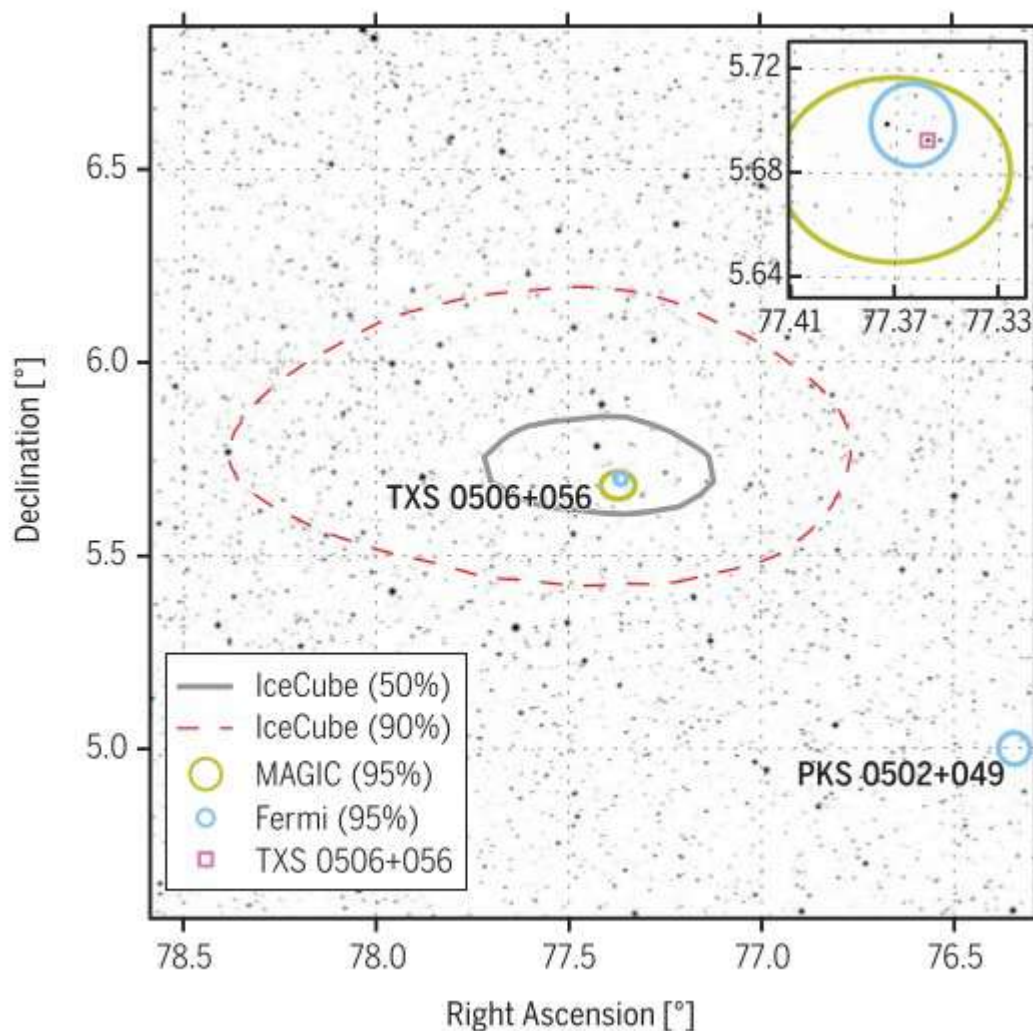


- dva Čerenkovljeva teleskopa
- ORM @ La Palma
- 2200 m n.v.
- oko 170 ljudi iz 10 zemalja

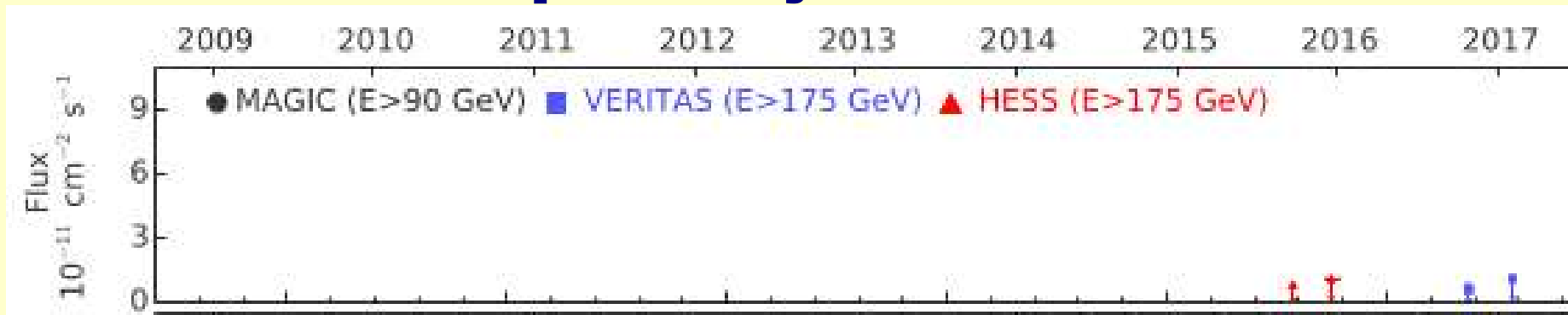
- 17 m, 240 m<sup>2</sup>
- **od 50 GeV do 50 TeV**
- energijsko razlučivanje < 20%
- kutno razlučivanje < 0.1 °

# opažanja: IceCube

- 22. rujna 2017. detektiran neutrino s energijom od 290 TeV



# opažanja: MAGIC

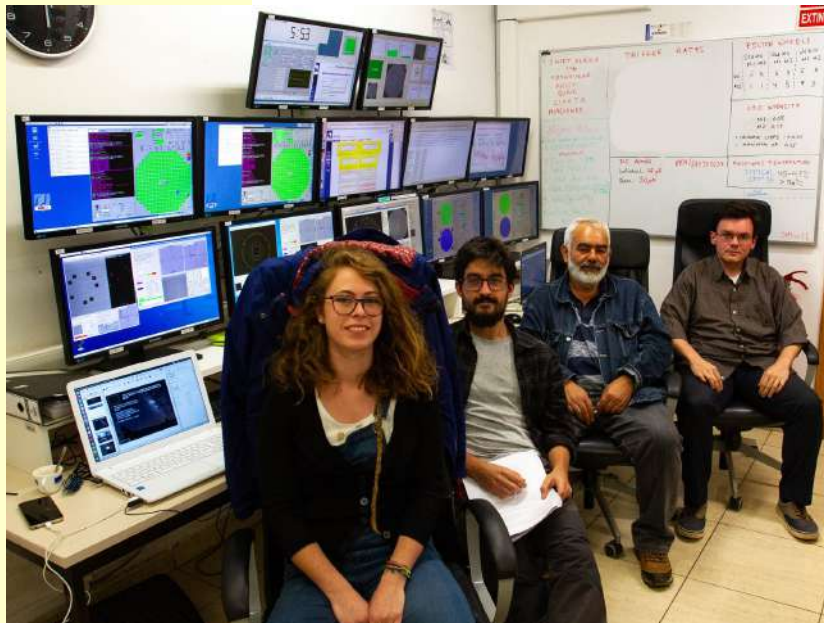
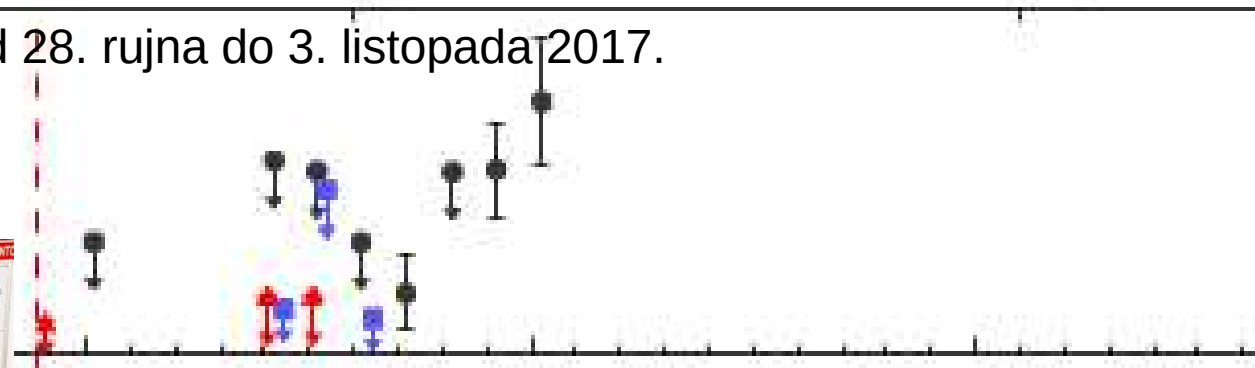


15 September, 2017

1 October, 2017

15 October, 2017

od 28. rujna do 3. listopada 2017.



# zašto je ovo otkriće važno

