



ივანე ჯავახიშვილის
სახელის
თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

IVANE JAVAKHISHVILI
TBILISI STATE
UNIVERSITY

მეხუთე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში

ENS 2017

The Fifth Annual Conference In Exact and Natural Sciences



ნეიტრინული ფიზიკის და ასტროფიზიკის პროექტები IceCube და KM3NeT

რევაზ შანიძე^{1,2}

¹ ფიზიკის დეპარტამენტი

² მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტი

8 თებერვალი 2017

- IceCube სამეცნიერო თანამშრომლობა (2013-2016)

IceCube Collaboration (M.G. Aartsen, . . . , R. Shanidze et al.)

Science 342 (2013) 1242856

Evidence for High-Energy Extraterrestrial Neutrinos at the IceCube Detector

Phys.Rev.Lett. 113 (2014) 101101

Observation of High-Energy Astrophysical Neutrinos in Three Years of IceCube Data

Phys.Rev. D91 (2015) no.7, 072004

Determining neutrino oscillation parameters from atmospheric muon neutrino disappearance with three years of IceCube DeepCore data

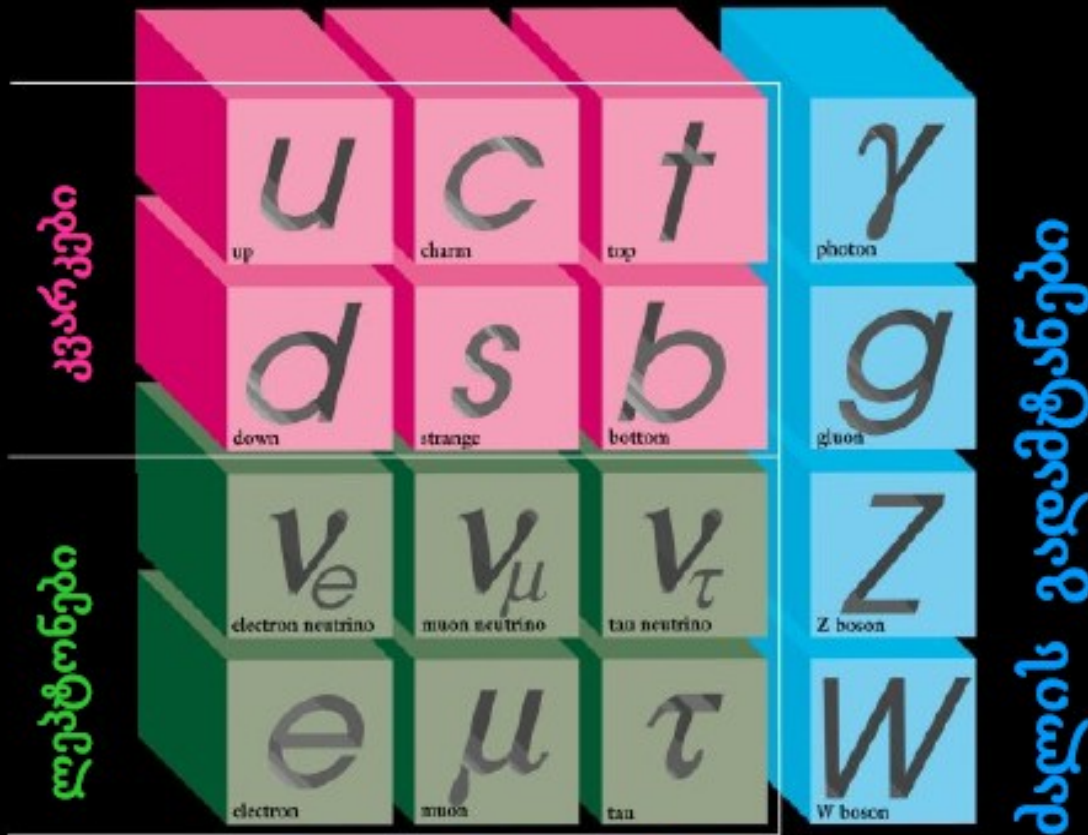
- ANTARES/KM3NeT სამეცნიერო თანამშრომლობა (2005-2013)

KM3NeT Collaboration (P. Bagley, . . . , R. Shanidze et al.)

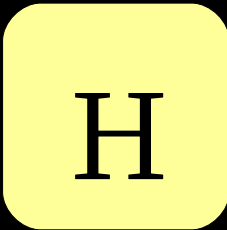
KM3NeT: Technical Design Report for a Deep-Sea Research Infrastructure in the Mediterranean Sea Incorporating a Very Large Volume Neutrino Telescope

ნეიტრინოები სტანდარტულ მოდელში

ელემენტარული ნაწილაკები



I II III
მატიერიის სამი თაობა

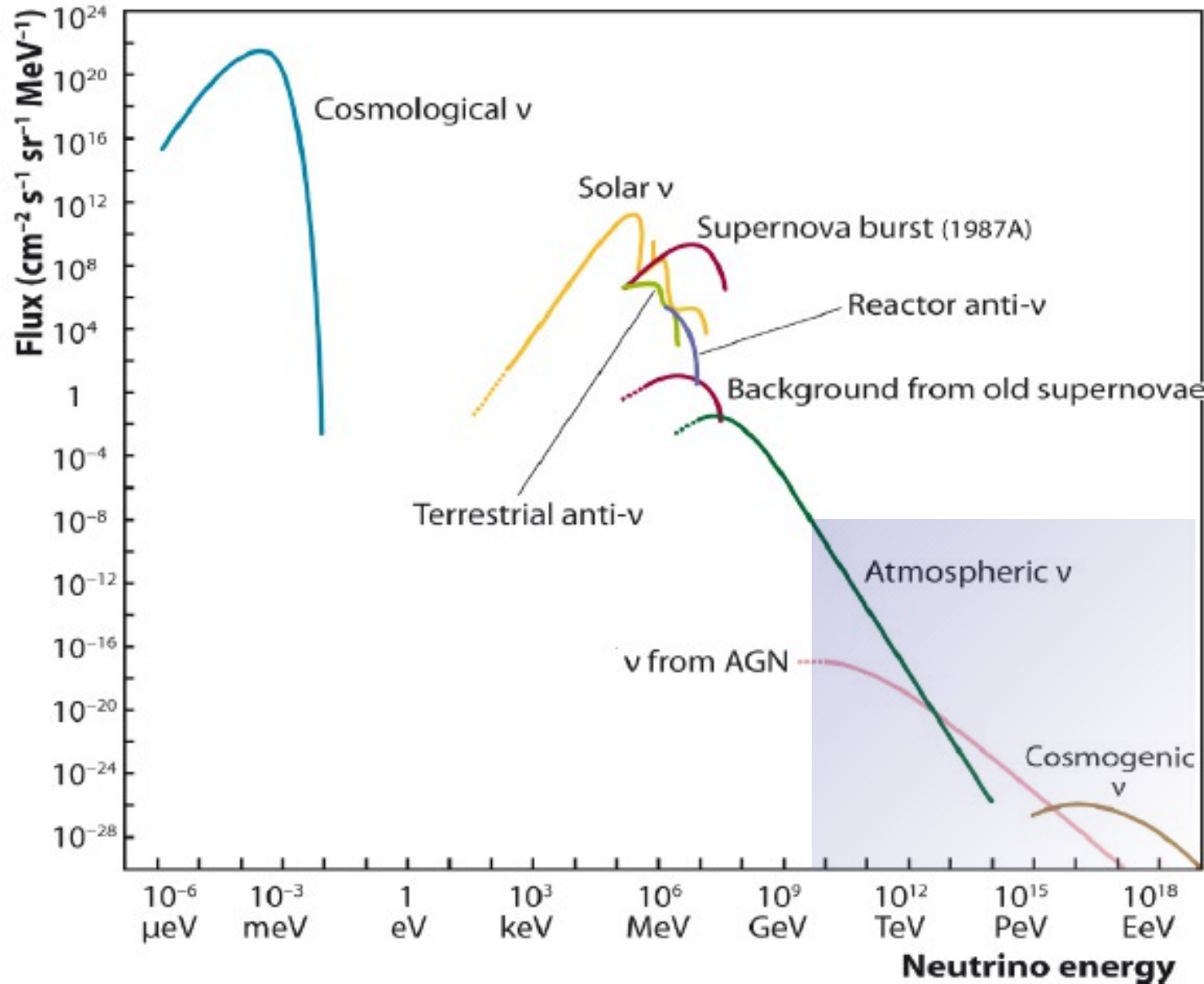


ჰიგსის ბოზონი
(სპინი 0)

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = U_{\text{PMNS}} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

U_{PMNS} -ნეიტრინოების შერევის მატრიცა
Pontecorvo–Maki–Nakagawa–Sakata

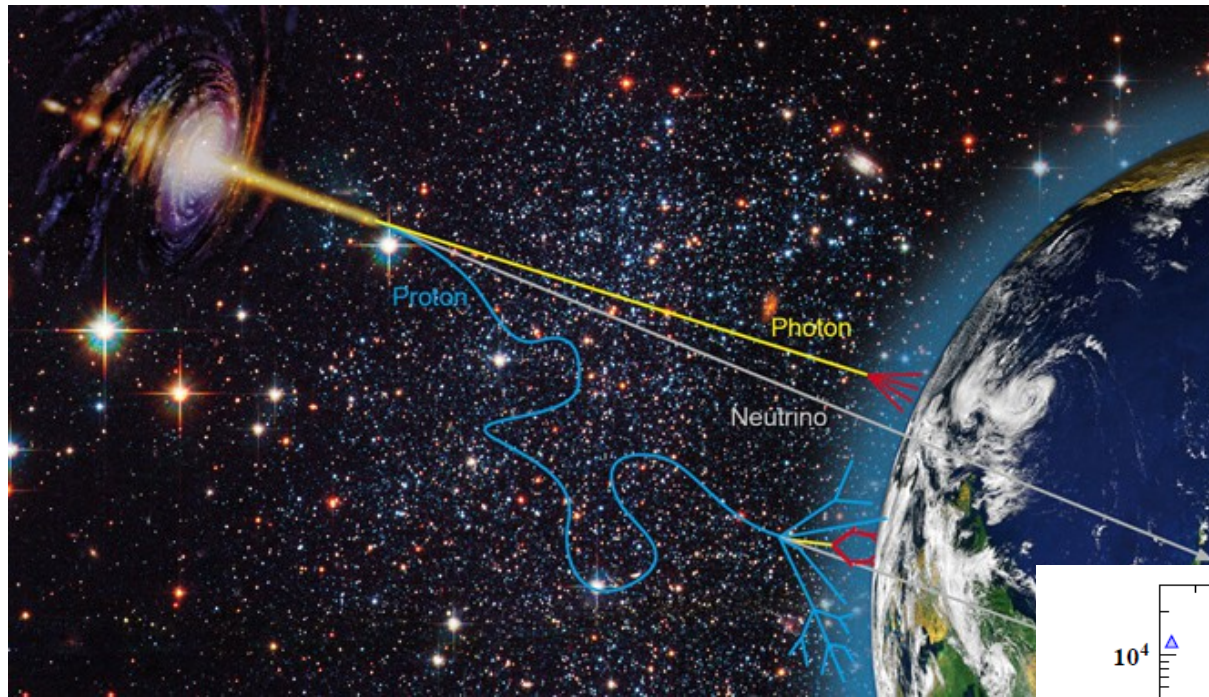
ნეიტრინოების სპექტრი



- კოსმოლოგიური ν (რელიქტური)
- მზის ν
- ზეახალის- ν
- გეო- ν
- რეაქტორის ν

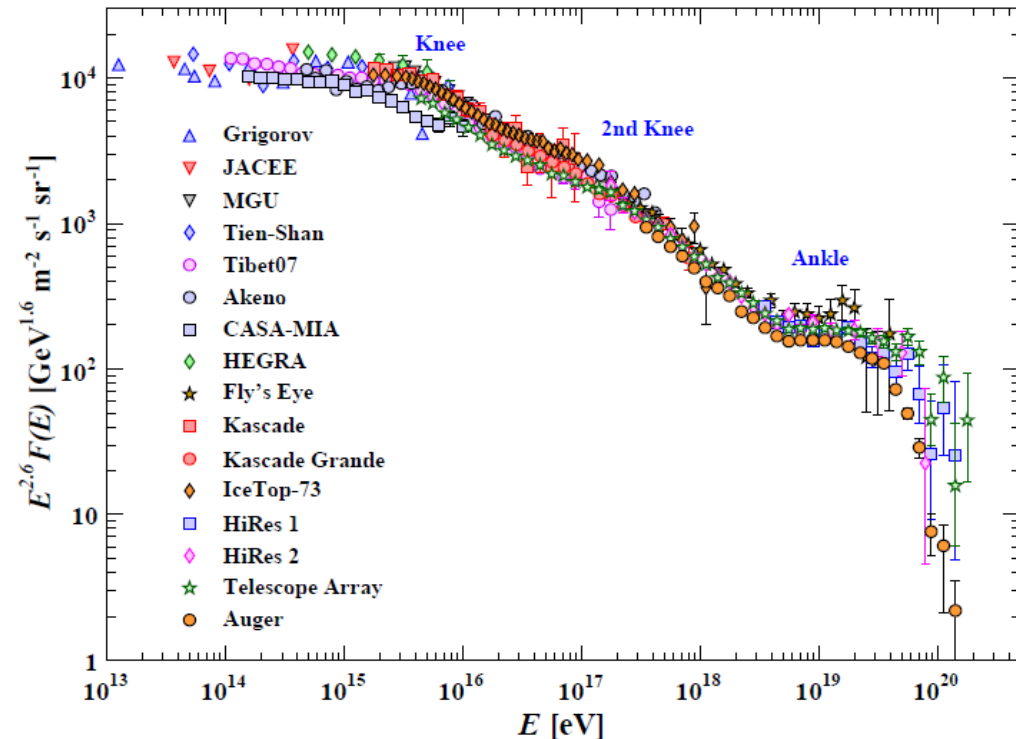
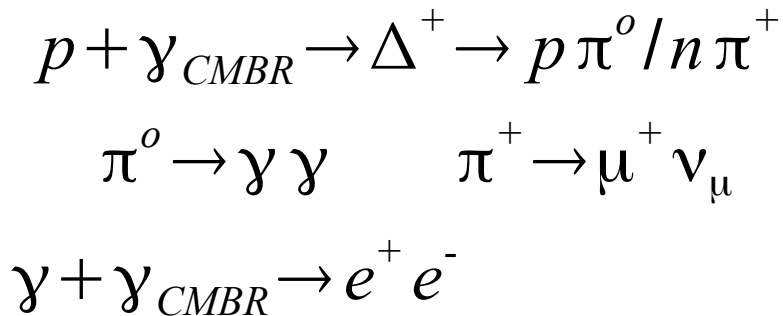
- ატმოსფერული ν
- ასტრო-ფიზიკური ν
- კოსმოგენური ν

მაღალი ენერგიების კოსმოსური გამოსხივება

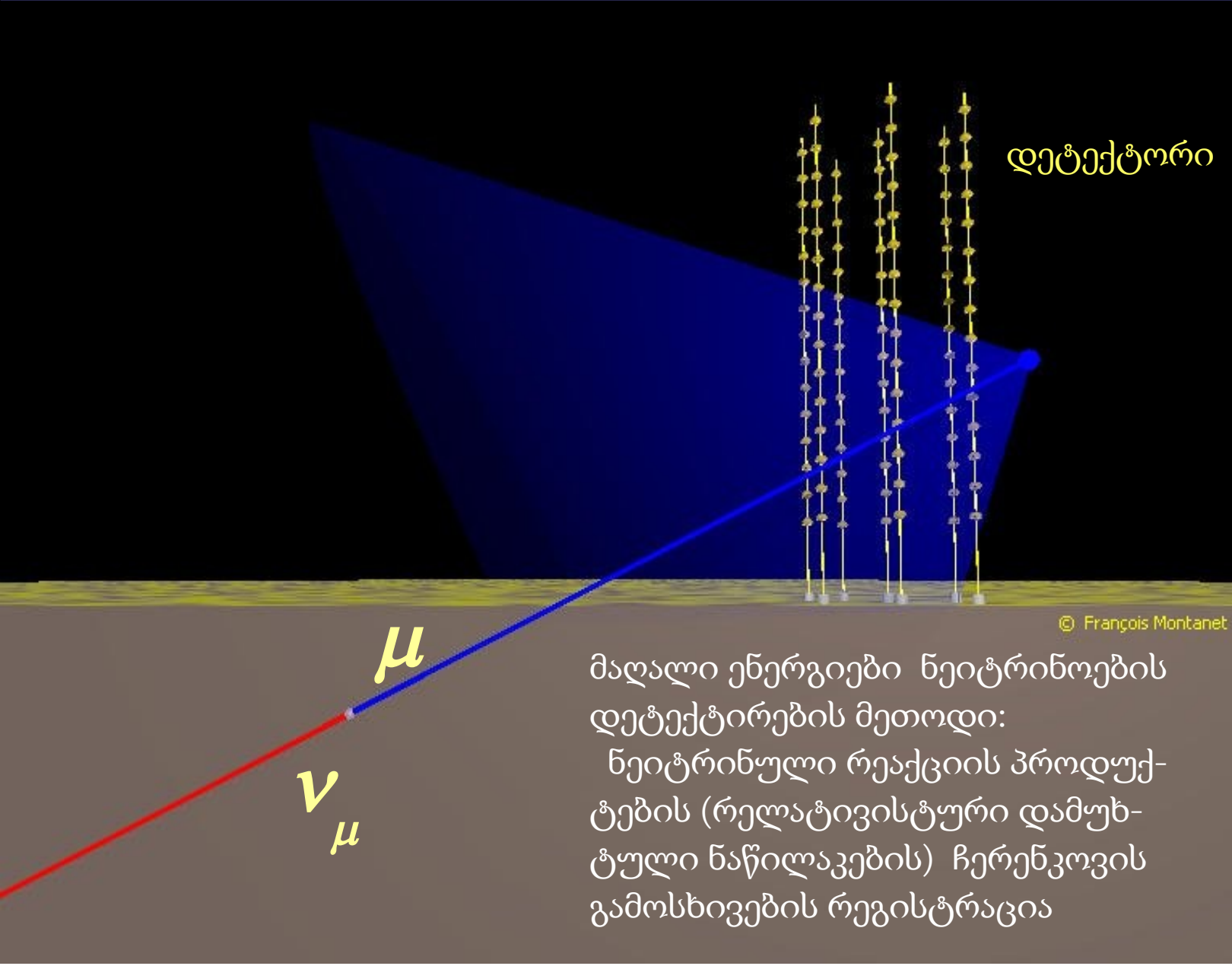


კოსმოსური სხივების (სხვადასხვა ელემენტების ბირთვები) – გავრცელება დამოკიდებულია გალაქტიკურ და გალაქტიკებს შორის არსებულ მაგნიტურ ველებზე.

ზემაღალი ენერგიის კოსმოსური სხივები და გამა-გამოსხივება ურთიერთქმედებს კოსმოსის მიკროტალღურ ფონურ (CMBR) გამოსხივებასთან:



მაღალი ენერგიების ნეიტრინოს დეტექტირება



მაღალი ენერგიები ნეიტრინოების დეტექტირების მეთოდი:
 ნეიტრინული რეაქციის პროდუქტების (რელატივისტური დამუხტული ნაწილაკების) ჩერენკოვის გამოსხივების რეგისტრაცია



მ. მარკოვი
 (1908-1994)

$$\nu_{\mu} + A \rightarrow \mu + X$$

ჩერენკოვის გამოსხივება:

$$\beta(\mu) > \frac{1}{n}$$

$$\beta(\mu) = \frac{v_{\mu}}{c}$$

პროექტები: DUMAND BAIKAL AMANDA ANTARES IceCube KM3NeT



ICECUBE

SOUTH POLE NEUTRINO OBSERVATORY

50 m

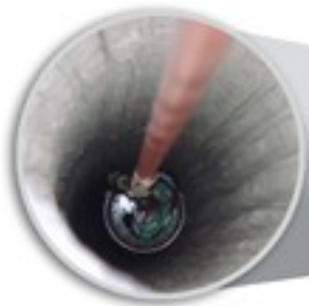
Ice Top



IceCube Laboratory

Data is collected here and sent by satellite to the data warehouse at UW-Madison

1450 m



Digital Optical Module (DOM)

5,160 DOMs deployed in the ice

2450 m

IceCube detector

86 strings of DOMs, set 125 meters apart

DeepCore

Antarctic bedrock



Amundsen-Scott South Pole Station, Antarctica

A National Science Foundation-managed research facility

60 DOMs on each string

DOMs are 17 meters apart



IceCube ოპტიკური მოდული (DOM)

• Digital Optical Module (DOM)

13 inch. pressure resistant (70 MPa) glass sphere:

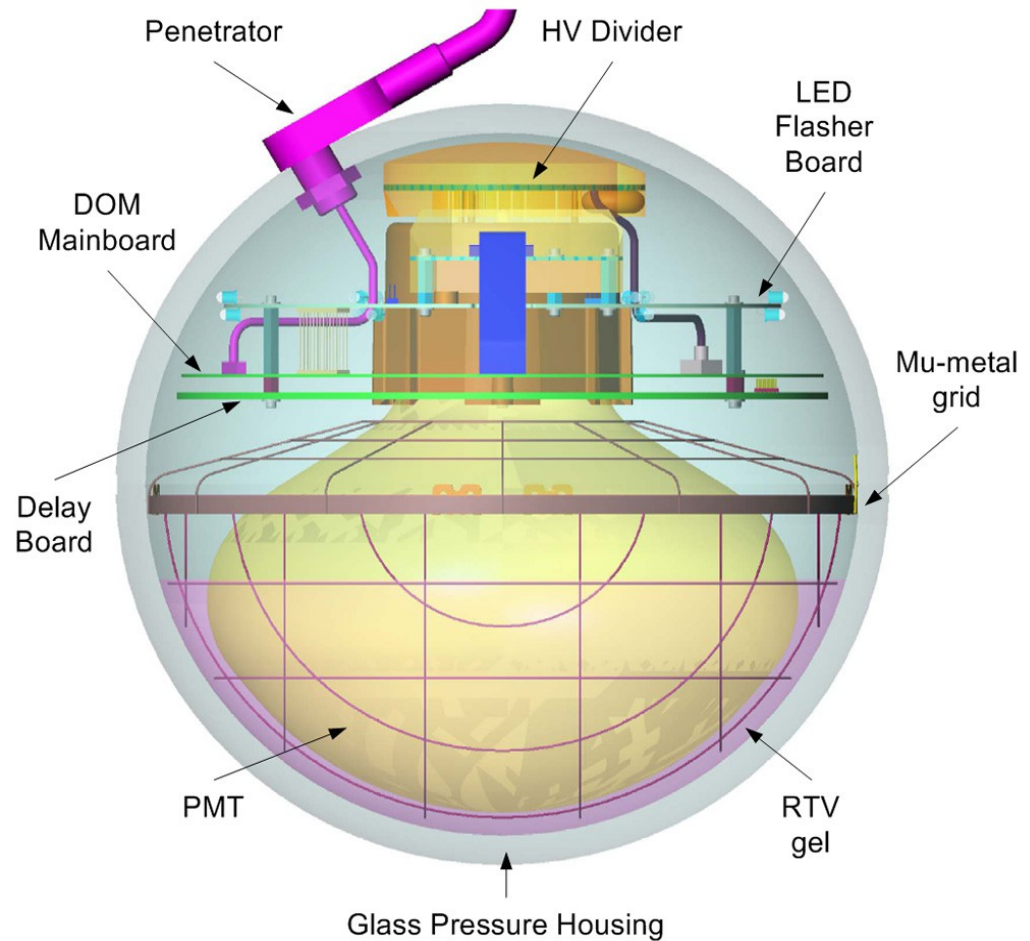
- PMT, HV generator and divider circuits,
- LED flasher board,
- Mainboard with signal processing electronics[1].

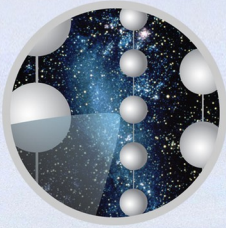
• PMT[2]:

- Hamamatsu R7081-02
- Q.E.(at 390 nm): 25%
- Dark rate at (-40°): 500 Hz
- TTS: 3.2 ns

[2]. NIM A601(2009), 294 [arXiv: 0810.4930]

[1]. NIM A618(2010), 139 [arXiv: 1002.2442]





The IceCube Collaboration

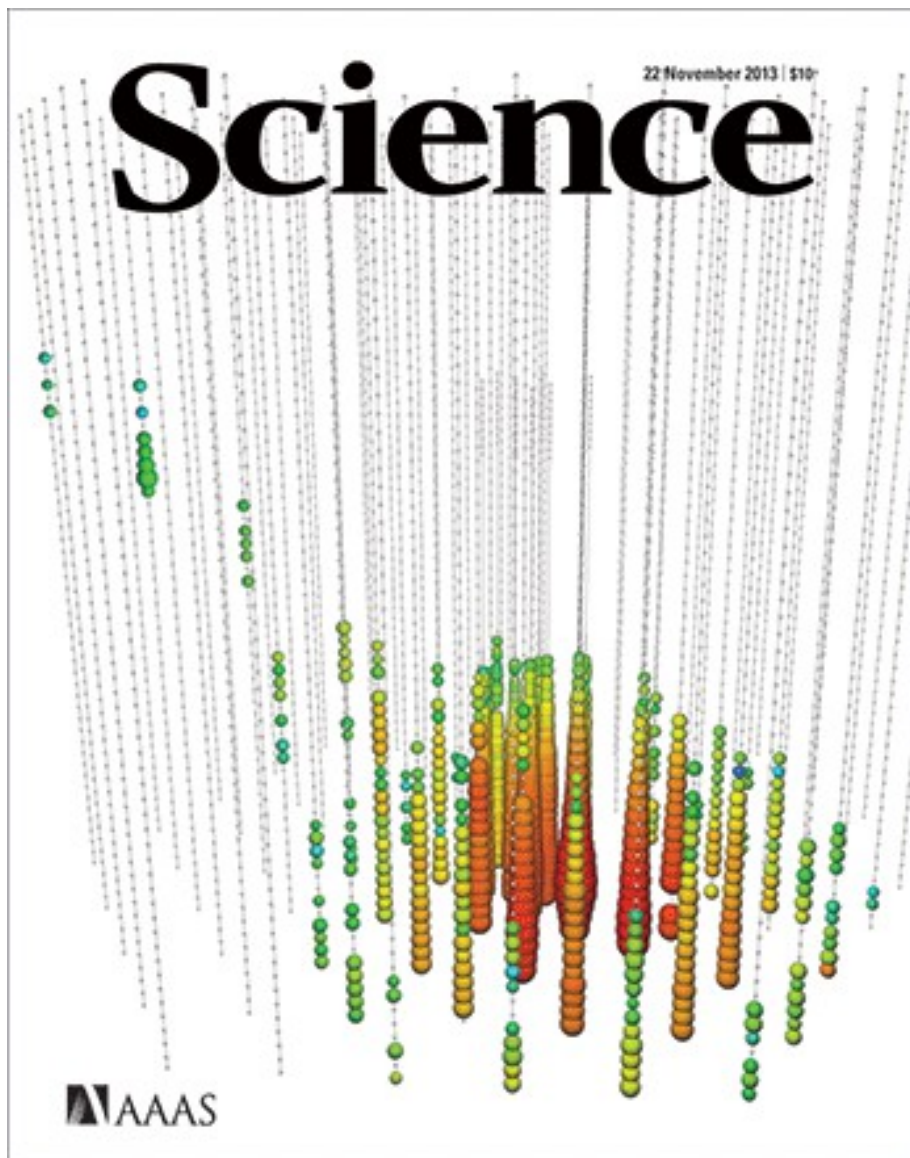


Funding Agencies

Fonds de la Recherche Scientifique (FRS-FNRS)
 Fonds Wetenschappelijk Onderzoek-Vlaanderen (FWO-Vlaanderen)
 Federal Ministry of Education & Research (BMBF)
 German Research Foundation (DFG)

Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)
 Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)
 Knut and Alice Wallenberg Foundation
 Swedish Polar Research Secretariat
 The Swedish Research Council (VR)

University of Wisconsin Alumni Research Foundation (WARF)
 US National Science Foundation (NSF)



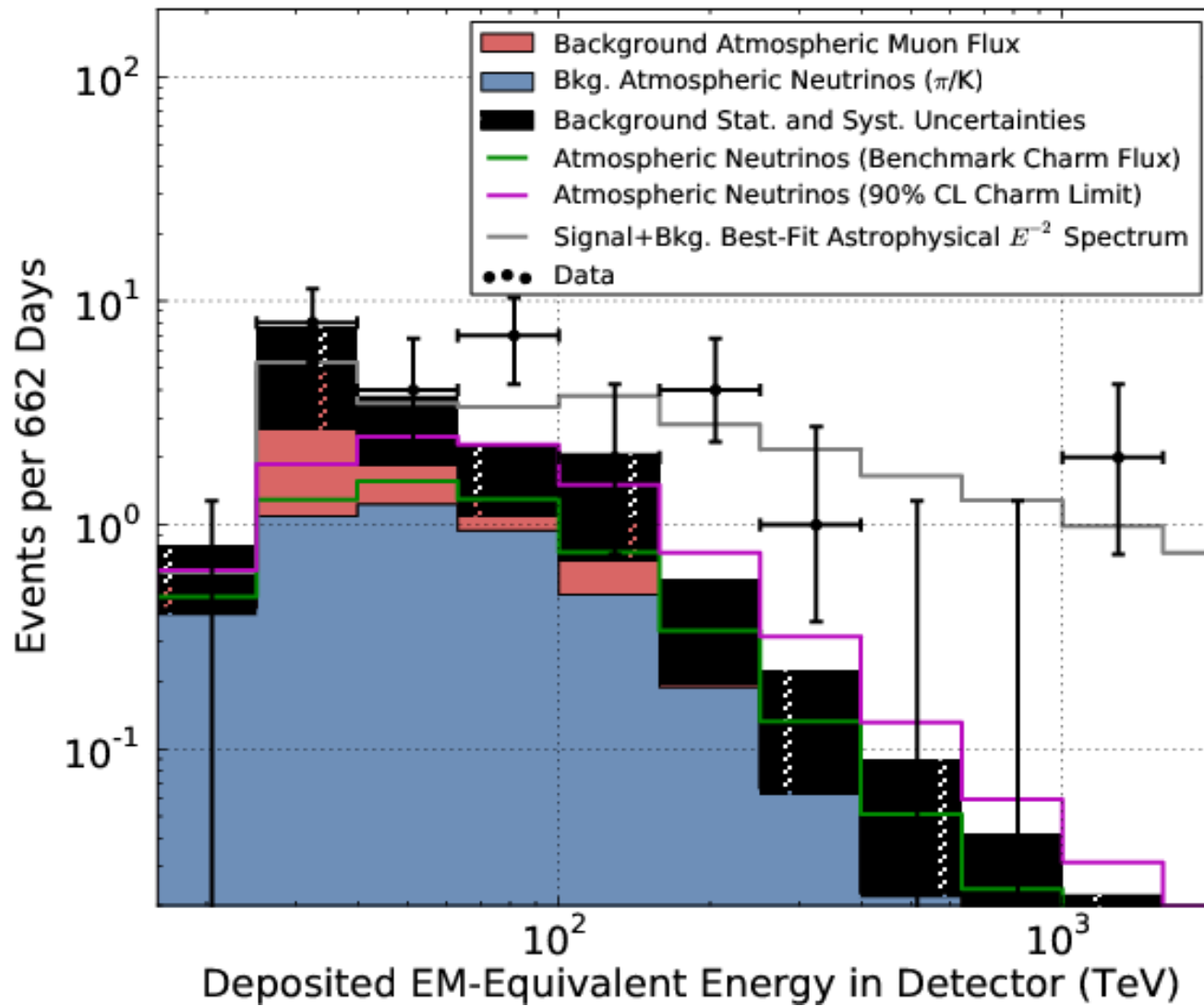
Evidence for High-Energy Extraterrestrial Neutrinos at the IceCube Detector
(by IceCube Collaboration)
Science 342 (2013) 1242856

IceCube დეტექტორში დარეგისტრირებული მაღალი ენერგიის ნეიტრინოს (დაახლოებით 250 TeV, 14/7/2011) შემთხვევა.

ფერით მონიშნულია ოპტიკური მოდულის სიგნალის დრო (წითელი ადრეული სიგნალი, მწვანე გვიანი სიგნალი)

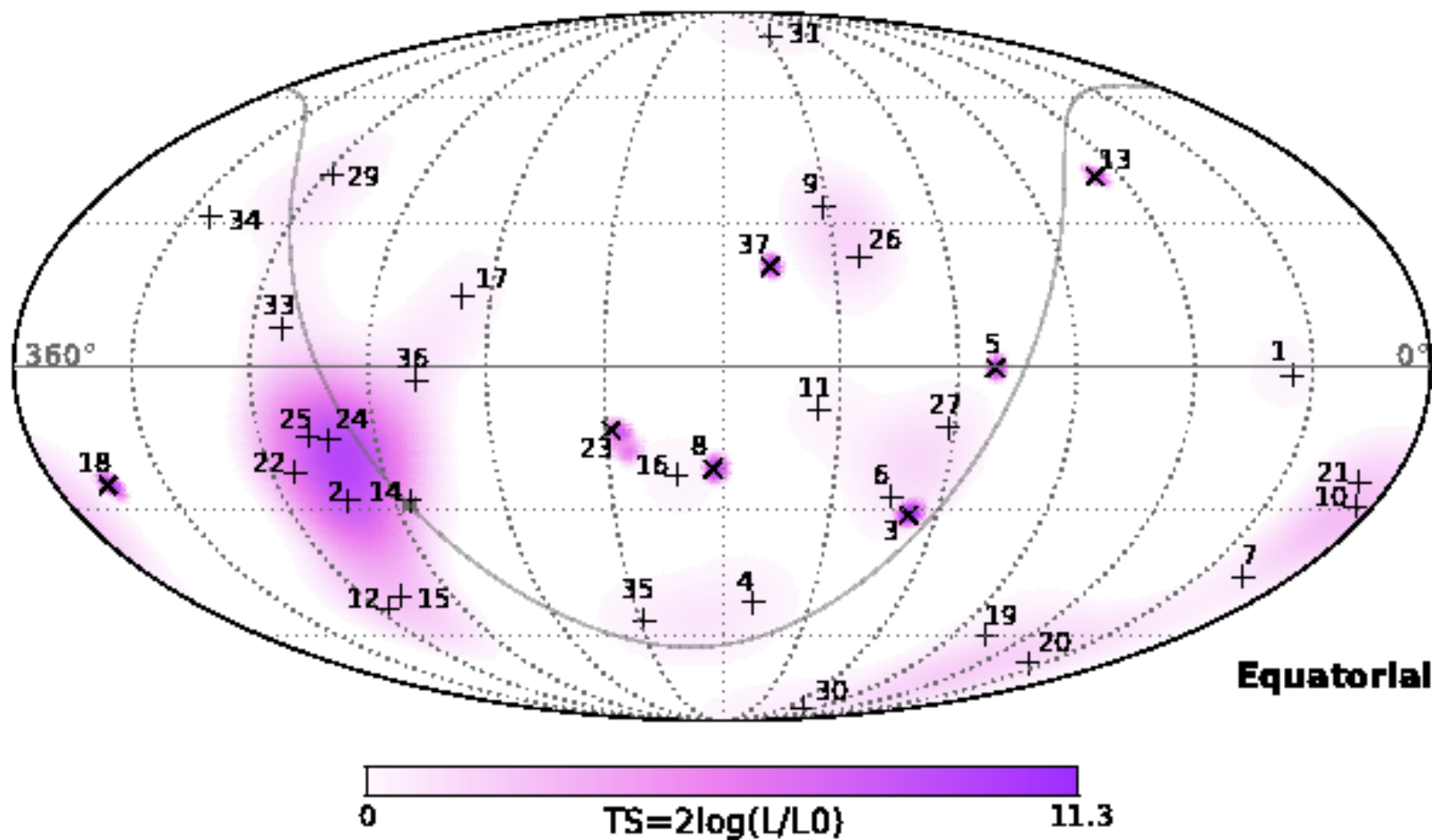
ფერადი სფეროს სიდიდე ოპტიკურ მოდულში დარეგისტრირებული სიგნალის პროპორცილია.

მაღალი ენერგიების კოსმოსური ნეიტრინოები



IceCube-ტელესკოპში რეგისტრირებული მაღალი ენერგიების ნეიტრინოების სპექტრი..

მაღალი ენერგიების კოსმოსური ნეიტრინოები

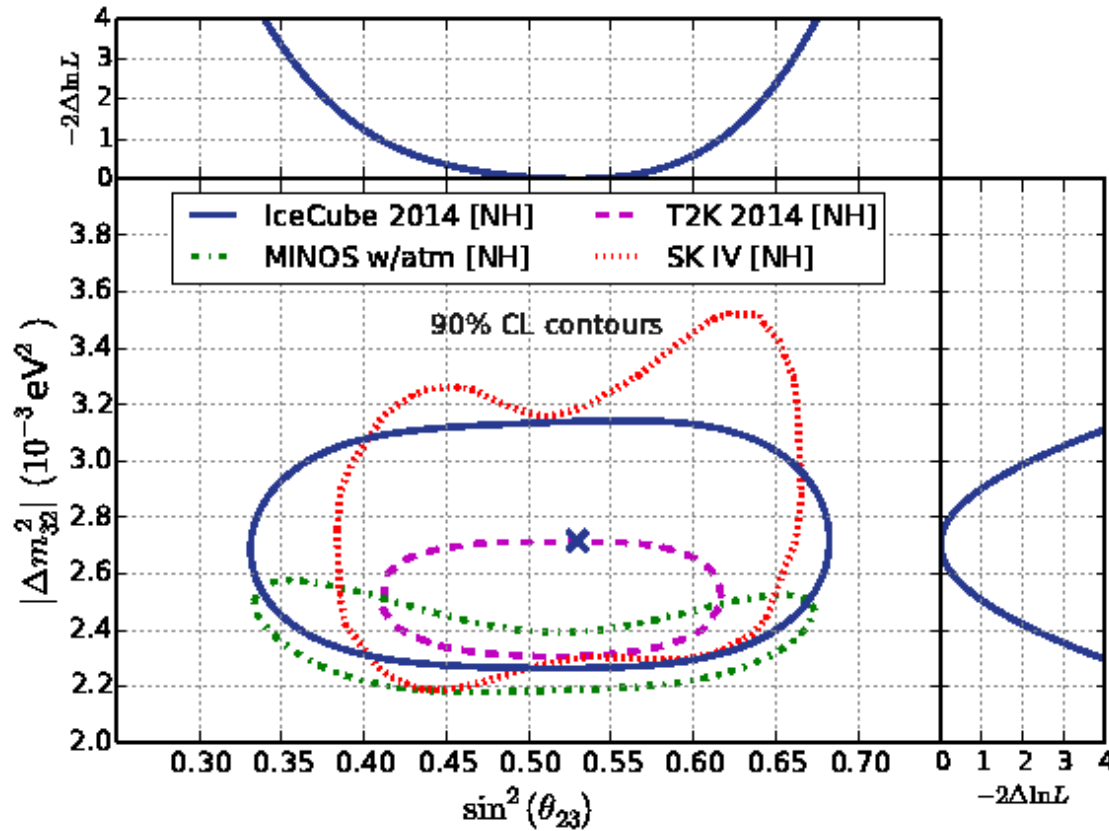


IceCube-ტელესკოპში რეგისტრირებული მაღალი ენერგიების ნეიტრინოების მიმართულებები ეკვატორულ კოორდინატებში. ჯვრით მონიშნულია ნეიტრინული ღვარების მიმართულება, ხოლო X-ით მიონური ნეიტრინოს აღდგენილი მიმართულებები.

ნეიტრინოს თვისებების შესწავლა

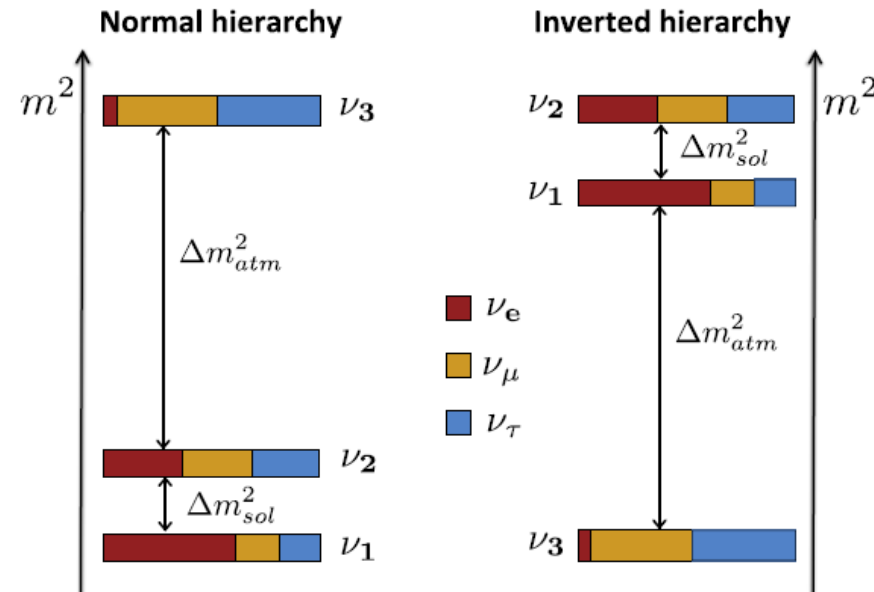
Phys.Rev. D91 (2015), 072004

Determining neutrino oscillation parameters from atmospheric muon neutrino disappearance with three years of IceCube DeepCore data

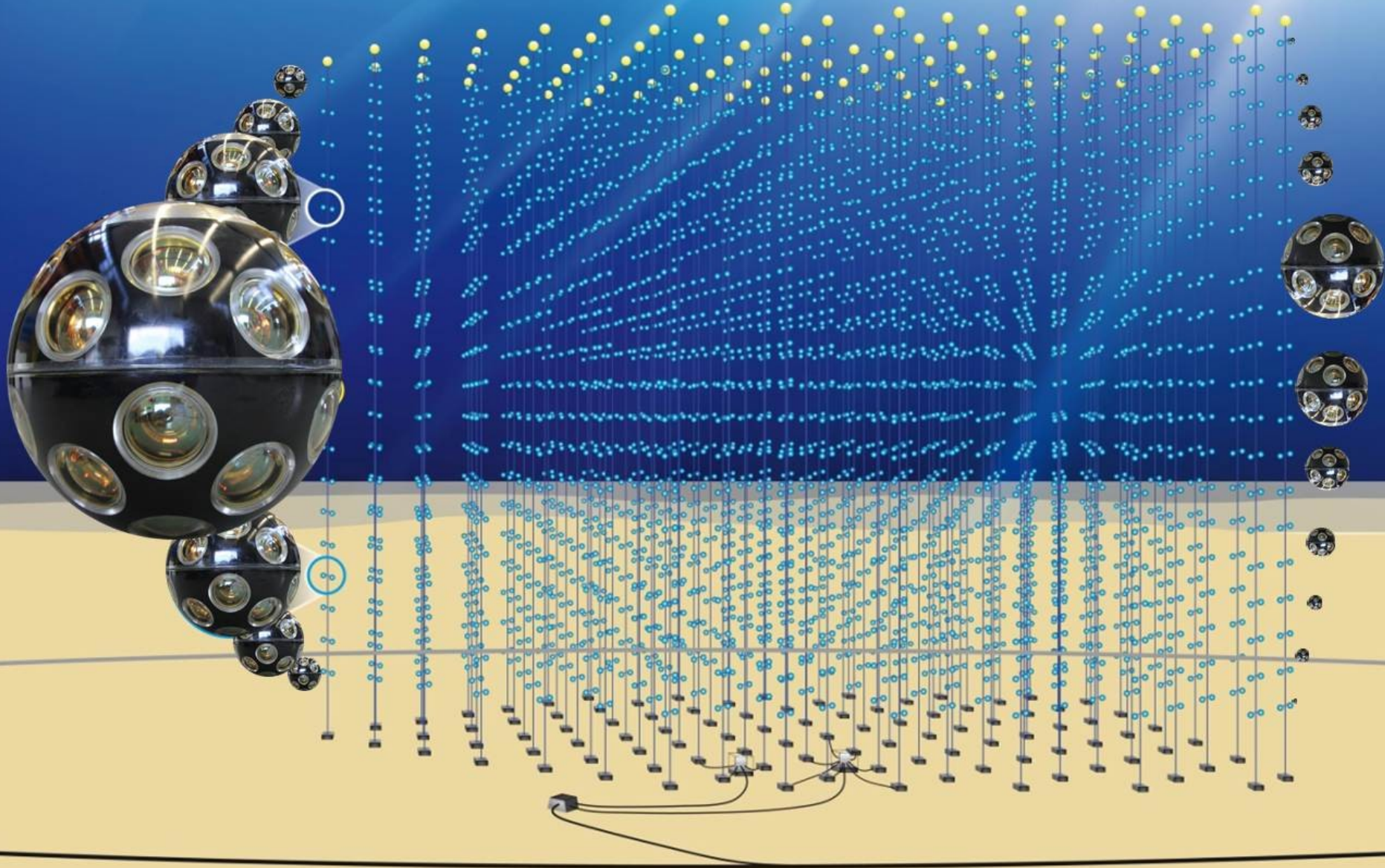


IceCube ის ფარგლებში დაგეგმილია ახალი პროექტი (PINGU) ნეიტრინოების მასური ჰიერარქიის შესასწავლად.

IceCue/DeepCore -ის საშუალებით გაზომილი ატმოსფერული ნეიტრინოების ოსცილაციების პარამეტრები Δm^2_{23} და შერევის კუთხე Θ_{23} .



პროექტი KM3NeT



ხმელთაშუა ზღვის ნეიტრინული ტელესკოპის KM3NeT სქემა-ნახატი.

KM3NeT ნეიტრინული დეტექტორის ელემენტები



ფოტოგამამრავლებელი (PMT):

ETEL D792KFL და Hamamatsu -R12199-02

KM3NeT ტელესკოპი:

3 ბლოკი

115 ხაზი(DU)/ბლოკი

18 DOM/ხაზი

31 PMT/DOM .

1 ბლოკი:

2070 DOM/ 64170 PMT



KM3NeT DU:

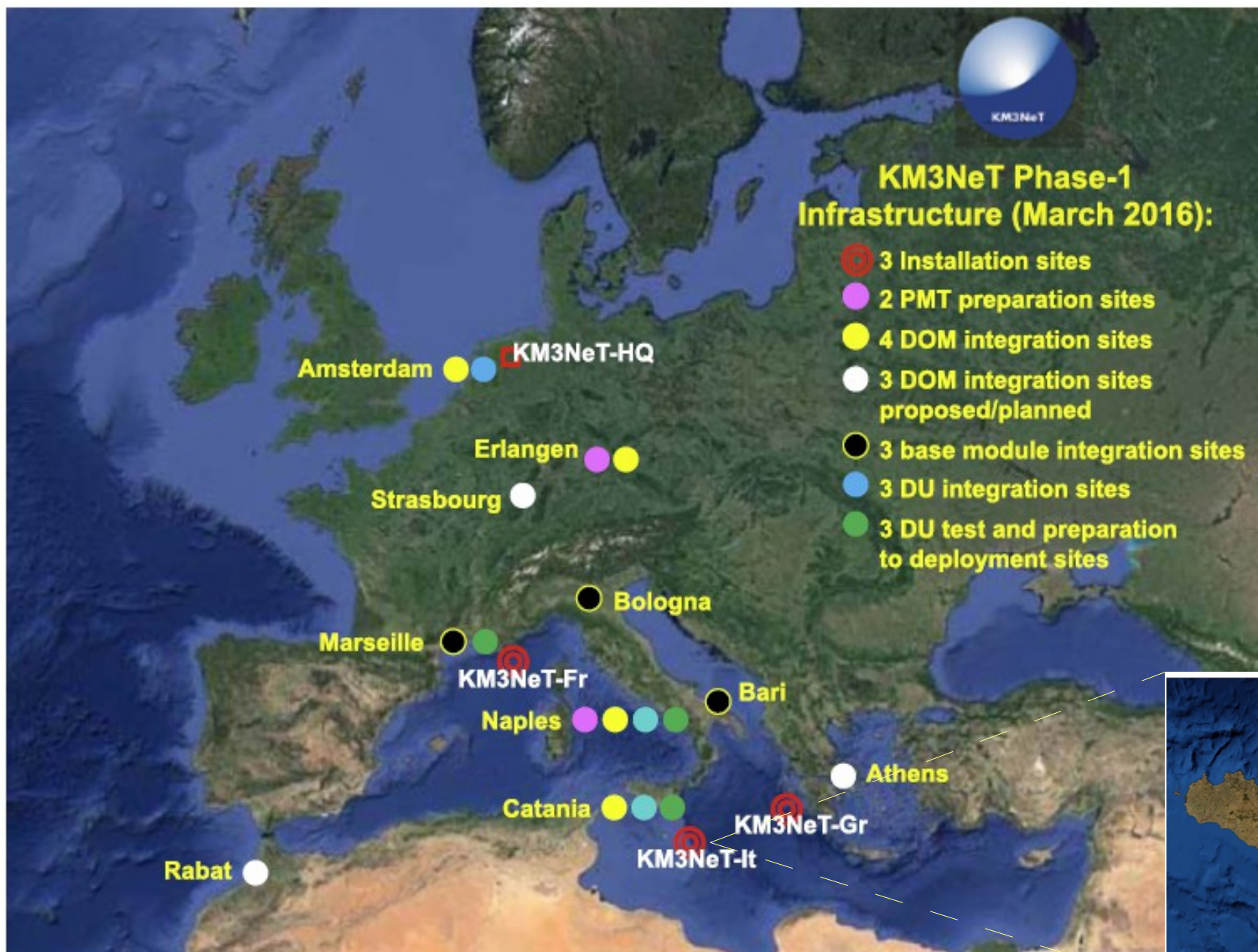
(Detection Unit) ტელესკოპის ხაზი, რომელიც შედგება 18 DOM -სგან,



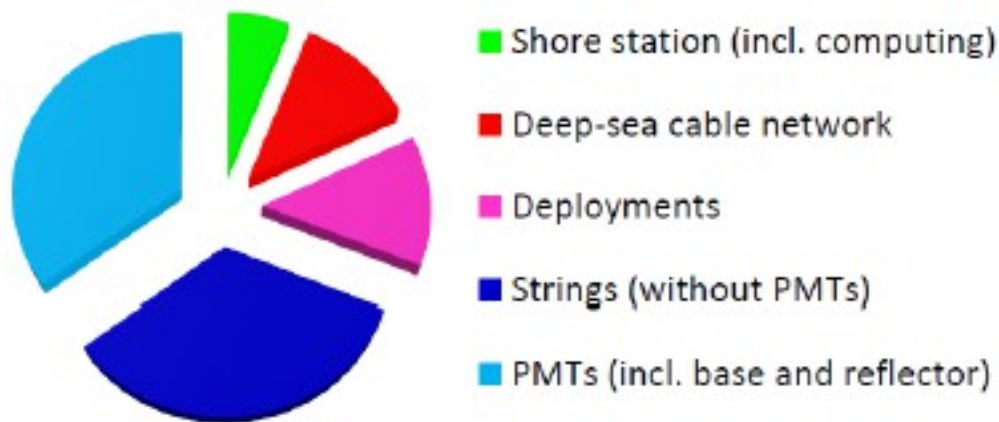
KM3NeT DOM: –

დიგიტალური ოპტიკური მოდული (31 PMT და შესაბამისი ელექტრონიკა)

KM3NeT-ის ევროპული თანამშრომლობა



KM3NeT პროექტის სტატუსი



KM3NeT პროექტის საერთო ღირებულება აღემატება 100 000 000 ევროს

KM3NeT ფუნქციონირებას ყოველწლიურად ესაჭიროება 2 000 000 ევრო



დასკვნა

- მაღალი ენერგიების კოსმოსური ნეიტრინოების საშუალებით შესაძლებელია კოსმოსური სხივების წყაროებისა და მათში მიმდინარე პროცესების შესწავლა.
- მაღალი ენერგიების კოსმოსური ნეიტრინოების პერიოდი ასტროფიზიკურ კვლევებში დაიწყო IceCube-ტელესკოპის დაკვირვებით, 2013 წელს.
- IceCube და KM3NeT პროექტების (ნეიტრინული ტელესკოპების) ფარგლებში ასევე შესაძლებელია:
 - ნეიტრინოს თვისებების (ოსცილაციის პარამეტრები და ნეიტრინოების მასური ჰიერარქია) შესწავლა
 - ბნელი (უხილავი) მატერიის არაპირდაპირი დაკვირვება.