

Piotr Mijakowski  
seminarium sprawozdawcze za rok 2017

**POSZUKIWANIA CIEMNEJ MATERII  
I ASTROFIZYKA NEUTRIN  
W EKSPERYMENTACH  
SUPER-KAMIOKANDE  
ORAZ KM3NET**



Piotr Mijakowski  
seminarium sprawozdawcze za rok 2017

**POSZUKIWANIA CIEMNEJ MATERII  
I ASTROFIZYKA NEUTRIN  
W EKSPERYMENTACH  
SUPER-KAMIOKANDE  
ORAZ KM3NET**



# GRUPA

Jesteśmy częścią grupy neutrinowej prowadzonej przez prof. Ewę Rondio. Działamy przy dwóch projektach:

- **Super-Kamiokande** (2 os.)

- ludzie: Piotr Mijakowski, Katarzyna Frankiewicz (doktorantka/NCBJ)
- tematyka: ciemna materia

- **KM3NeT** (3 os.)

- ludzie: Piotr Mijakowski (koordynator, Insitute Board, Review & Resources Board), Piotr Kalaczyński (doktorant/NCBJ), Jerzy Mańczak (mgr/UW)
- tematyka: studia neutrin/mionow produkowanych w atmosferze, generatory i oddziaływania neutrin, ciemna materia

# FINANSOWANIE

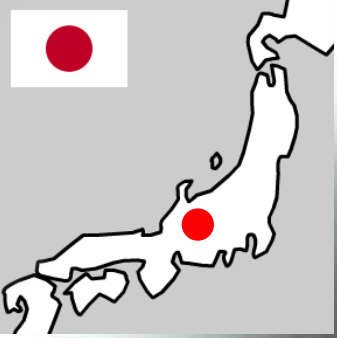
## KM3NeT + Super-Kamiokande

- **NCN: SONATA-BIS**, kierownik: P.Mijakowski, V/2016-2020, 1.13 mln PLN

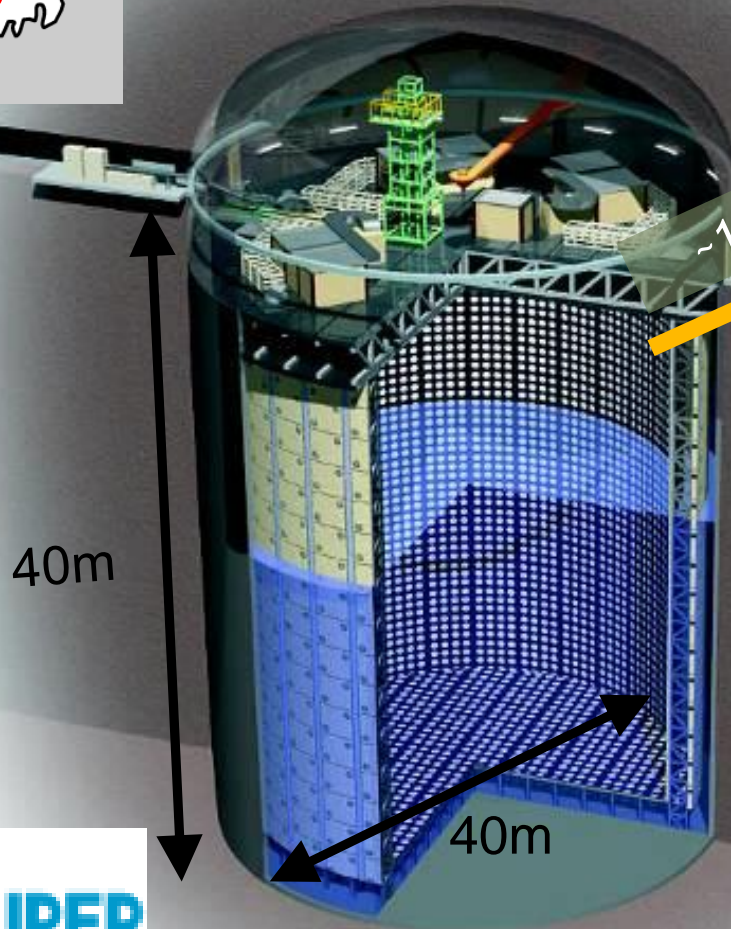
## Super-Kamiokande

- **EU: Horizon2020, MSCA-RISE-2014 "SKPLUS"**, XII/2014-2018, 58.5k EUR dla NCBJ, konsorcjum: NCBJ-PW-UAM (Madryt), koordynator NCBJ: P.Mijakowski
- **MNiSW: Premia na Horyzont** związana z **MSCA-RISE-2014**, 50k PLN
- **NCN: Preludium**, kierownik: K. Frankiewicz, III/2016-III/2018, 100k PLN

# SUPER-KAMIOKANDE



# Super-Kamiokande



~11 tys fotopowielaczy



• Nagroda Nobla z fizyki w 2015 r. dla prof. T.Kajita

- 50 tys. ton wody, 22.5 kton obszaru czynnego
- w działaniu od 1996 r.
- detektor bada neutrina słoneczne, kosmiczne, atmosferyczne, akceleratorowe (T2K)
- poszukuje również rozpadu protonu

# Ciemna materia w Super-Kamiokande

2 niezależne analizy: P.Mijakowski, K.Frankiewicz są ich samodzielnymi autorami

SK limits 2017 (P.Mijakowski)

## Galaktyka (P.Mijakowski)

- Poszukiwanie neutrin z anihilacji DM w Galaktyce w oparciu o dane Super-Kamiokande

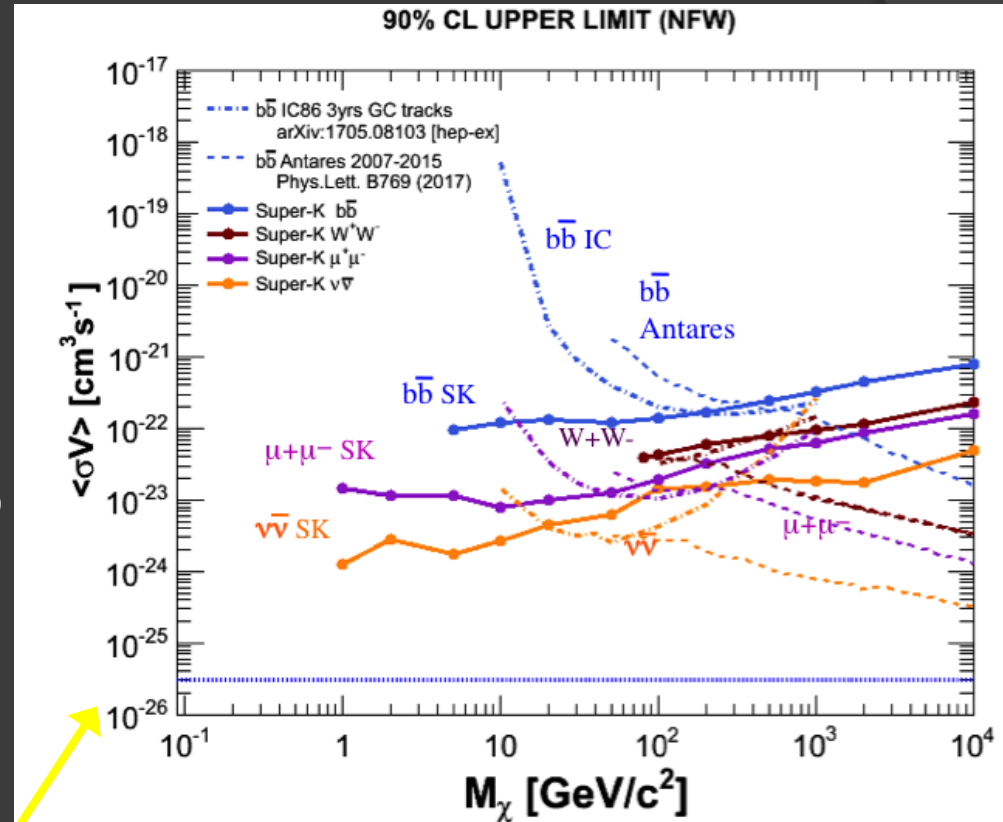
$$\chi\chi \rightarrow \nu\bar{\nu}, W^+W^-, b\bar{b}, \mu^+\mu^- \rightarrow \dots \nu_{e/\mu/\tau}$$

- FIT sygnału i tła do danych dla różnych mas DM w oparciu o rozkłady pędowe leptonu + jego kierunku względem GC

?

$$\text{DANE} = \underbrace{\text{DM} + \mathbf{V} \text{ ATM}}_{\text{Monte Carlo}}$$

- 2017 r. dołożono nowe dane, przygotowywana publikacja z **wynikami**, limity prezentowane przez autora m.in. na TAUP 2017



SK: najsilniejszy limit z eksperymentów neutrinowych <math><20-100</math> GeV

# Ciemna materia w Super-Kamiokande

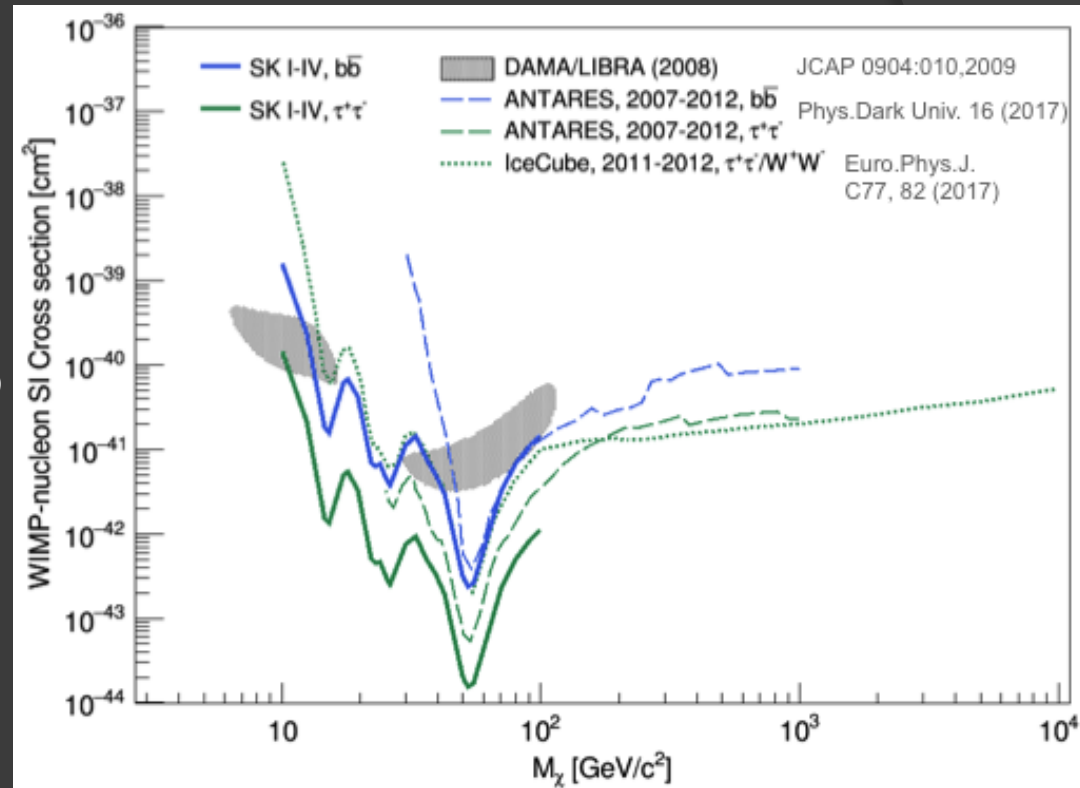
2 niezależne analizy: P.Mijakowski, K.Frankiewicz są ich samodzielnymi autorami

## Ziemia (K.Frankiewicz)

SK limits 2017 (K.Frankiewicz)

- Poszukiwanie neutrin z anihilacji DM w jądrze Ziemi w oparciu o dane Super-Kamiokande
- FIT sygnału i tła do danych dla różnych mas DM w oparciu o rozkłady pędowe leptonu + jego kierunku w układzie zenitalnym

$$\text{DANE} = \overset{?}{\text{DM}} + \underbrace{\text{V ATM}}_{\text{Monte Carlo}}$$



- **2017 r. nowe wyniki!** Konferencje (DPF, WIN2017), przygotowywana publikacja na 2018 r. oraz doktorat przez Kasię Frankiewicz

SK: obecnie najsilniejszy limit z eksperymentów neutrinowych!



# WYSTĄPIENIA

## Piotr Mijkowski

- "Dark Matter Searches at Super-Kamiokande"  
**TAUP 2017** — XV International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics, Sudbury, Kanada, 2017/07/24-28, proceedings: *Journal of Physics: Conference Series (JPCS)*, *wysłane do opublikowania*.
- „Searches for dark matter induced neutrinos at Super-Kamiokande”  
Astrofizyka Cząstek w Polsce 2017, Kraków, 2017/09/20-22.

## Katarzyna Frankiewicz

- “Searches for dark matter with the Super-Kamiokande detector”  
+ plakat: “CosmicWatch: The Desktop Muon Detectors”  
Meeting of the American Physical Society, Division of Particles and Fields (**DPF 2017**), 2017/07/31-2017/08/04 Fermilab, Batavia, USA.
- “Dark matter searches with the Super-Kamiokande detector”  
The 26th International Workshop on Weak Interactions and Neutrinos 2017 (**WIN2017**), 2017/06/18-24, UC Irvine, USA.
- “Poszukiwania ciemnej materii”  
+ plakat: “CosmicWatch: The Desktop Muon Detectors”  
44 Zjazd Fizyków Polskich, 2017/09/10-15, Wrocław.

# PUBLIKACJE (samodzielne)

## Piotr Mijakowski

- "Dark Matter Searches at Super-Kamiokande", proceedings z TAUP 2017, *Journal of Physics: Conference Series (JPCS)*, *wysłane do opublikowania*

## Katarzyna Frankiewicz

- "Dark matter searches with the Super-Kamiokande detector", *Journal of Physics Conference Series* 888 (2017) 012210
- "Dark matter searches with the Super-Kamiokande detector", *PoS ICHEP2016* (2017) 1221

# PUBLIKACJE (współdzielone)

## Super-Kamiokande (6 współdzielonych publikacji dla PM oraz KF)

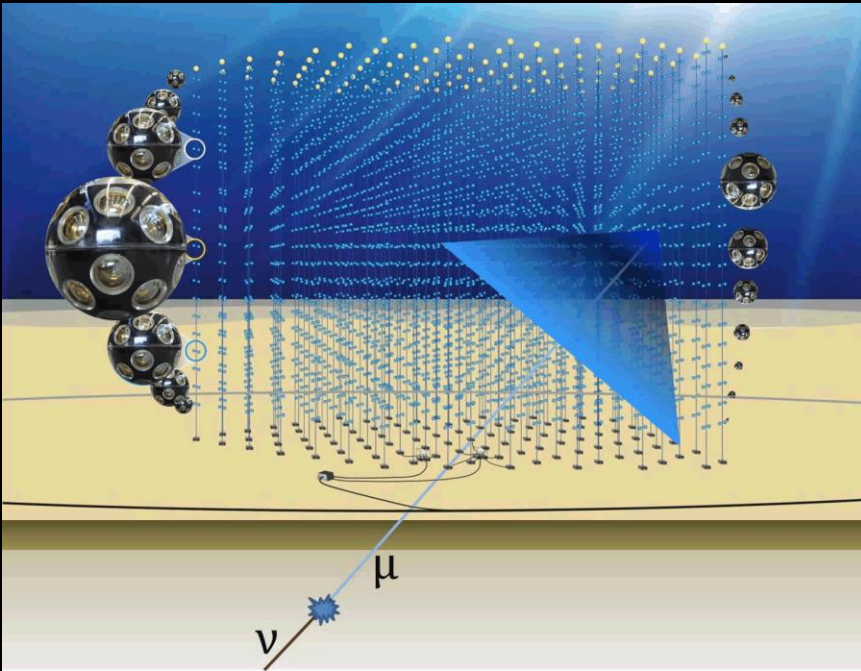
- "Search for an excess of events in the Super-Kamiokande detector in the directions of the astrophysical neutrinos reported by the IceCube Collaboration", **Astroph.J.** Vol. 850 No 2 (2017) 166
- "Search for nucleon decay into charged antilepton plus meson in 0.316 megaton×years exposure of the Super-Kamiokande water Cherenkov detector", **Phys. Rev. D** Vol. 96 No 1 (2017) 012003
- "Search for proton decay via  $p \rightarrow e^+p^0$  and  $p \rightarrow m^+p^0$  in 0.31 megaton x years exposure of the Super-Kamiokande water Cherenkov detector", **Phys. Rev. D** Vol. 95 No 1 (2017) 012004
- "A Measurement of the Tau Neutrino Cross Section in Atmospheric Neutrino Oscillations with Super-Kamiokande". **Phys. Rev. D** (2017-18), *wysłane do opublikowania*
- "Search for Boosted Dark Matter Interacting With Electrons in Super-Kamiokande", **Phys. Rev. Lett.** (2017-18), , *wysłane do opublikowania*
- "Atmospheric neutrino oscillation analysis with external constraints in Super-Kamiokande I-IV", **Phys. Rev. D** (2017-18), *wysłane do opublikowania*

## KM3NeT (1 współdzielona publ. dla PM)

- „Intrinsic limits on resolutions in muon- and electron-neutrino charged-current events in the KM3NeT/ORCA detector”, **J. High Energy Phys.** Vol. 1705 (2017) 008

KM3NET

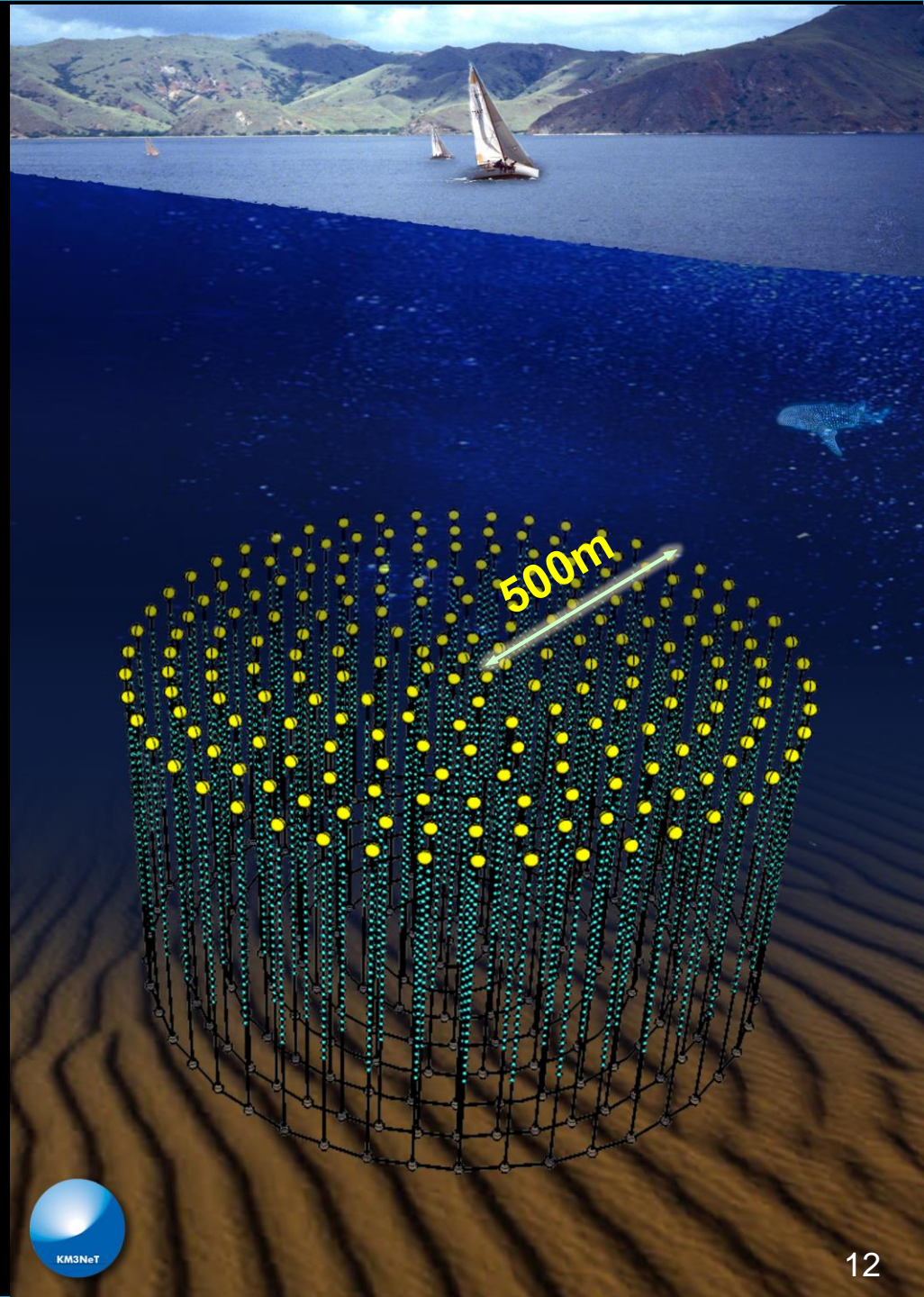
# KM3NeT



- Teleskop neutrinowy w Morzu Śródziemnym (następca ANTARES)

2 DETEKTORY 3x  $\sim 1\text{km}^3$ :

- **ORCA** Toulon (Fr)  $\sim 1\text{km}^3$
- **ARCA** Capo Pasero (It) 2x  $\sim 1\text{km}^3$



# KM3NeT

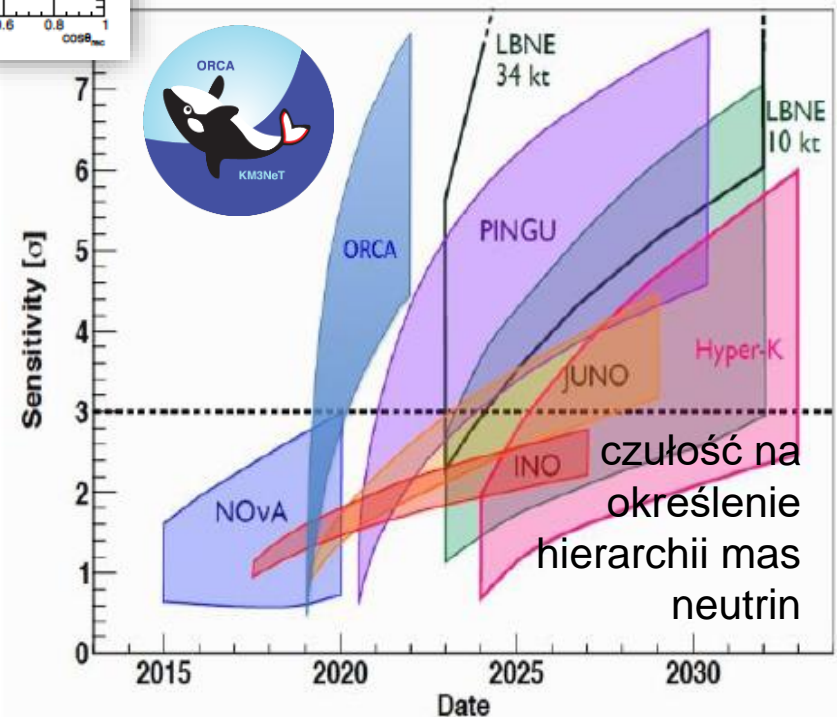
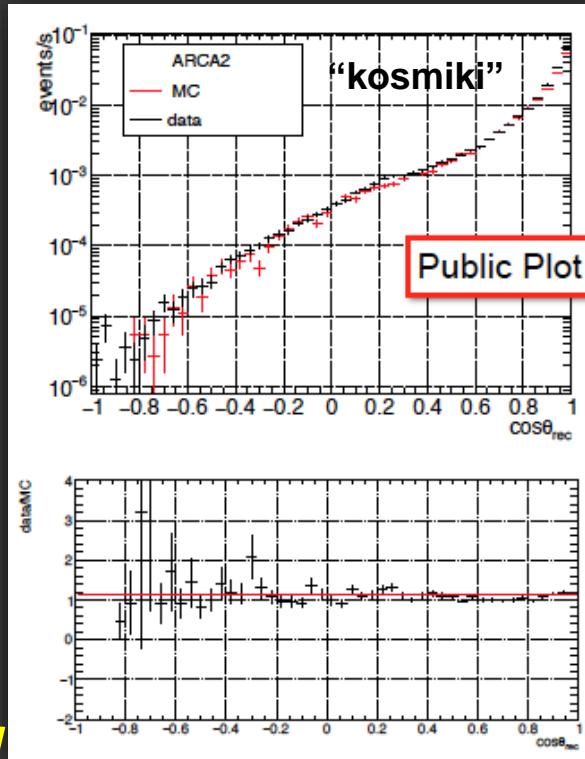
## ARCA

(Astroparticle Research with Cosmics in the Abyss)

- docelowo 2x 115 strun, faza I: 24, zrealizowano 3
- pierwsze struny w działaniu

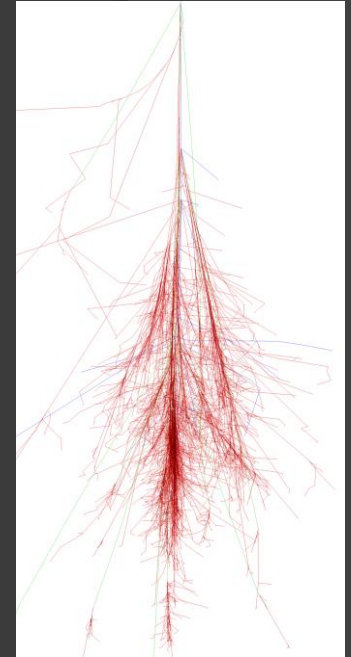
## ORCA (Astroparticle Research with Cosmics in the Abyss)

- docelowo 15 strun, faza I: 6, zrealizowano 1
- tematyka: astrofizyka neutrin, oscylacje neutrin atm., ustalenie hierarchii mas neutrin



# KM3NET: nasza tematyka

- symulacje kaskad atmosferycznych (CORSIKA) i produkcji HE  $\mu/\nu$  jako tło do pouszkukiwań  $\nu$  kosmicznych, self-veto, *PK + nowy post-doc (od 2018 r.) + PM (koordynator CORSIKA working group w KM3NeT)*
- oddziaływania i generatory neutrin, *JM: praca magisterska pod kierunkiem PM*



od 2018 r.:

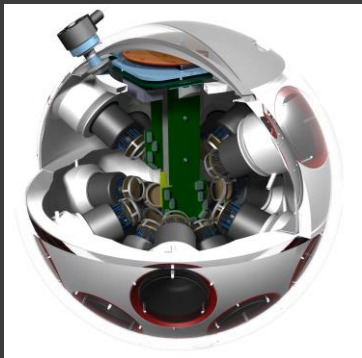
- poszukiwania ciemnej materii z Galaktyki, *nowy post-doc*
- oscylacje neutrin atmosferycznych, *PK*

*JM – Jerzy Mańczak (magistrant), PK – Paweł Kalaczyński (doktorant), PM – Piotr Mijakowski (koordynator)*

# KM3NET: plany na $\geq 2018$

- współpraca KM3NeT z CIŚ jako tier-2
- ? linia montażowa modułów do detekcji światła ?  
(*Digital Optical Modules*), *szukamy możliwości sfinansowania*

linia montażowa (to nie jest NCBJ!)



1 DOM



# POPULARYZACJA

# CosmicWatch - proste w użyciu i łatwe w budowie detektory mionów, oparte na plastikowych scyntylatorach i fotopowielaczach krzemowych, o szerokich zastosowaniach edukacyjnych



- Projekt kierowany przez Katarzynę Frankiewicz (NCBJ) i Spencera Axani (MIT)
- Współpraca z Działem Edukacji i Szkoleń NCBJ (20 detektorów)
- Wiele innych zaangażowanych osób i grup z całego świata (USA, Polska, Kanada, Peru, Indie)
- Łącznie ponad 50-ciu uczniów, nauczycieli, studentów, profesorów i pasjonatów
- Ponad 150 zbudowanych detektorów

American Journal of Physics:

<http://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.5003806>

MIT News: Physicists design \$100 handheld muon detector

<http://news.mit.edu/2017/handheld-muon-detector-1121>

Symmetry magazine: The \$100 muon detector

<https://www.symmetrymagazine.org/article/the-100-muon-detector>

Physics Today: An easy-to-build desktop muon detector

<http://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.6.1.20170614a/fu>

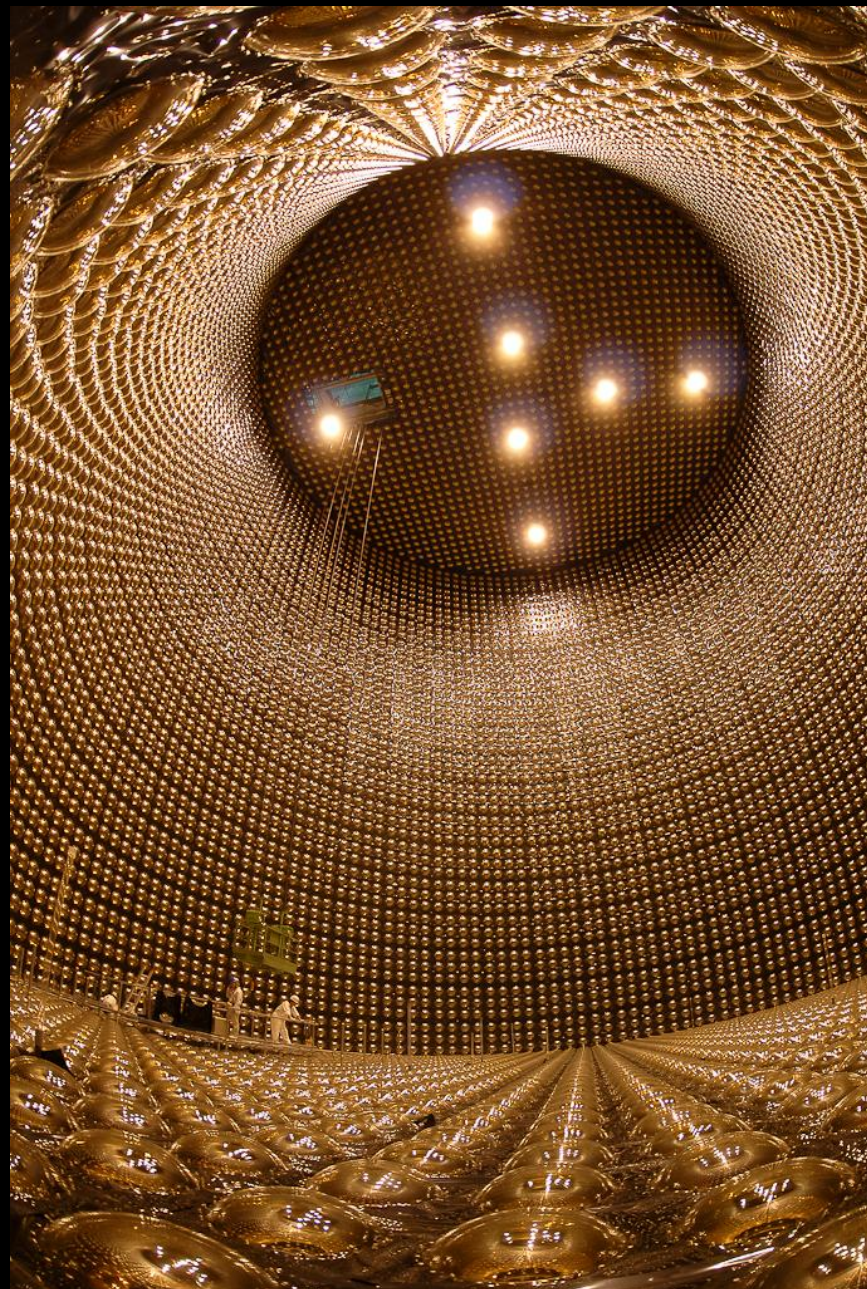


# PODSUMOWANIE



- Super-Kamiokande: prowadzimy samodzielnie analizy poszukiwania neutrin związanych z anihilacją ciemnej materii:
  - Galaktyka (P.Mijakowski) – uaktualnione wyniki w 2017 r., prezentacja na konferencjach, spisywana publikacja (2018 r.)
  - jądro Ziemi (Katarzyna Frankiewicz) – nowe wyniki 2017 r., doktorat (2018), spisywana publikacja oraz nota techniczna
- KM3NeT: zwiększamy znacznie nasze zaangażowanie
  - 2017: nowy doktorant i magistrant
  - luty/2018: nowy postdoc
  - tematyka: studia neutrin/mionow produkowanych w atmosferze, generatory i oddziaływania neutrin; w 2018 r.: ciemna materia, oscylacje i hierarchia mas neutrin (ORCA)

**SLAJDY ZAPASOWE**



Rejestrowane światło Czerenkowa pozwala nam dowiedzieć się o przylatującym neutrynie:

- jaki był jego kierunek
- jaka była jego energia (po ilości wyprodukowanego światła)

