

# 36-я Всероссийская конференция по космическим лучам



Научно-образовательный центр

**НЕВОД**



## Исследование характеристик оптических модулей в бассейне ЧВД НЕВОД

С.С. Хохлов<sup>1\*</sup>, Е.А. Задеба<sup>1</sup>, А. Каппес<sup>2</sup>, В.В. Киндин<sup>1</sup>,  
Л. Классен<sup>2</sup>, К.Г. Компаниец<sup>1</sup>, Н.А. Пасюк<sup>1</sup>, А.А. Петрухин<sup>1</sup>,  
В.В. Шутенко<sup>1</sup>, И.И. Яшин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», НОЦ НЕВОД

<sup>2</sup>Мюнстерский Университет

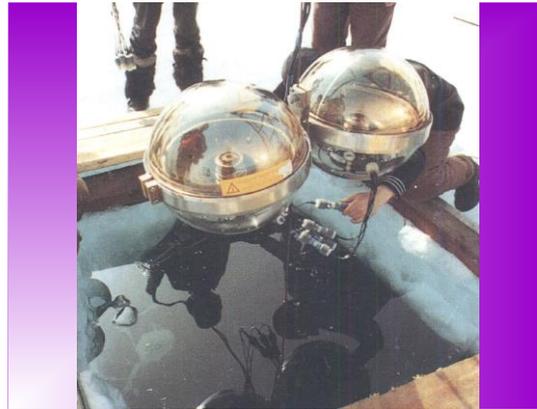
\*Email: [SSKhokhlov@mephi.ru](mailto:SSKhokhlov@mephi.ru)

Skype for business: <https://meet.mephi.ru/sskhokhlov/JRZBU2B8>

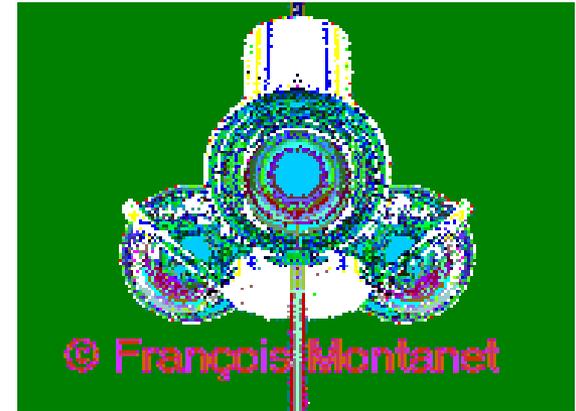
# Оптические модули различных систем



Amanda (IceCube) - 1



Baikal (2)



ANTARES (3)



NEVOD (6)



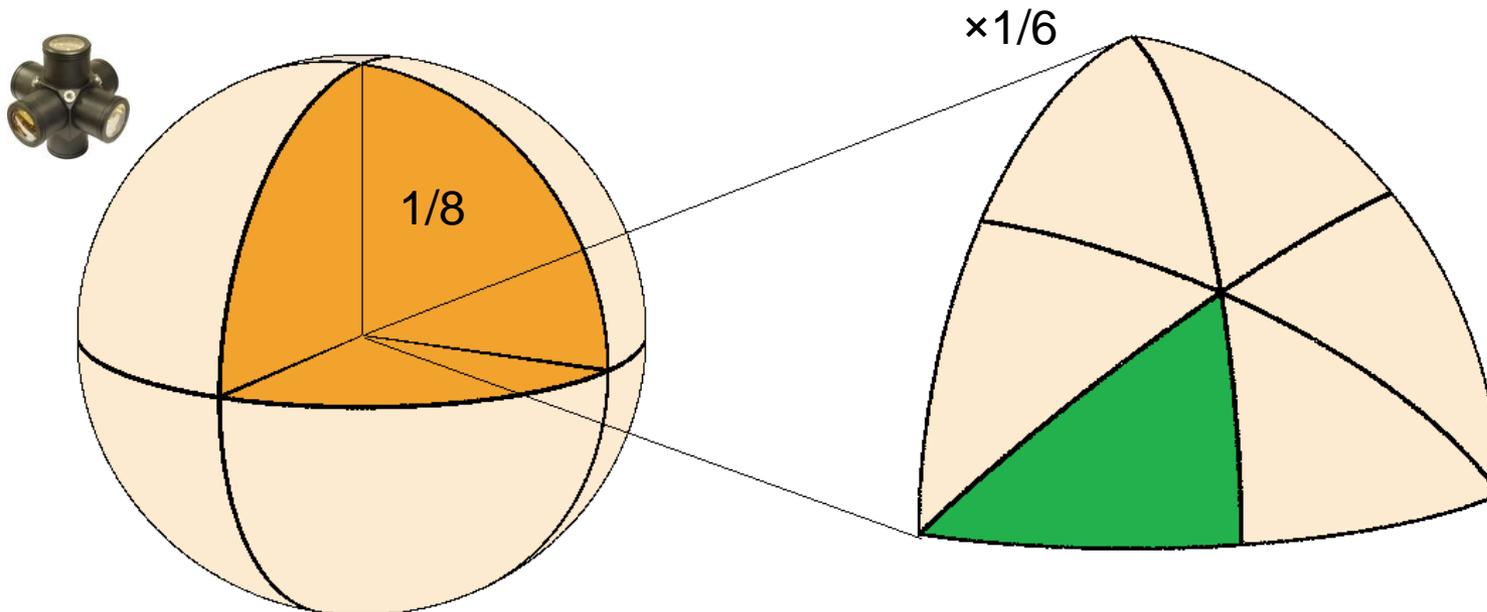
IceCube-Gen2 (24)



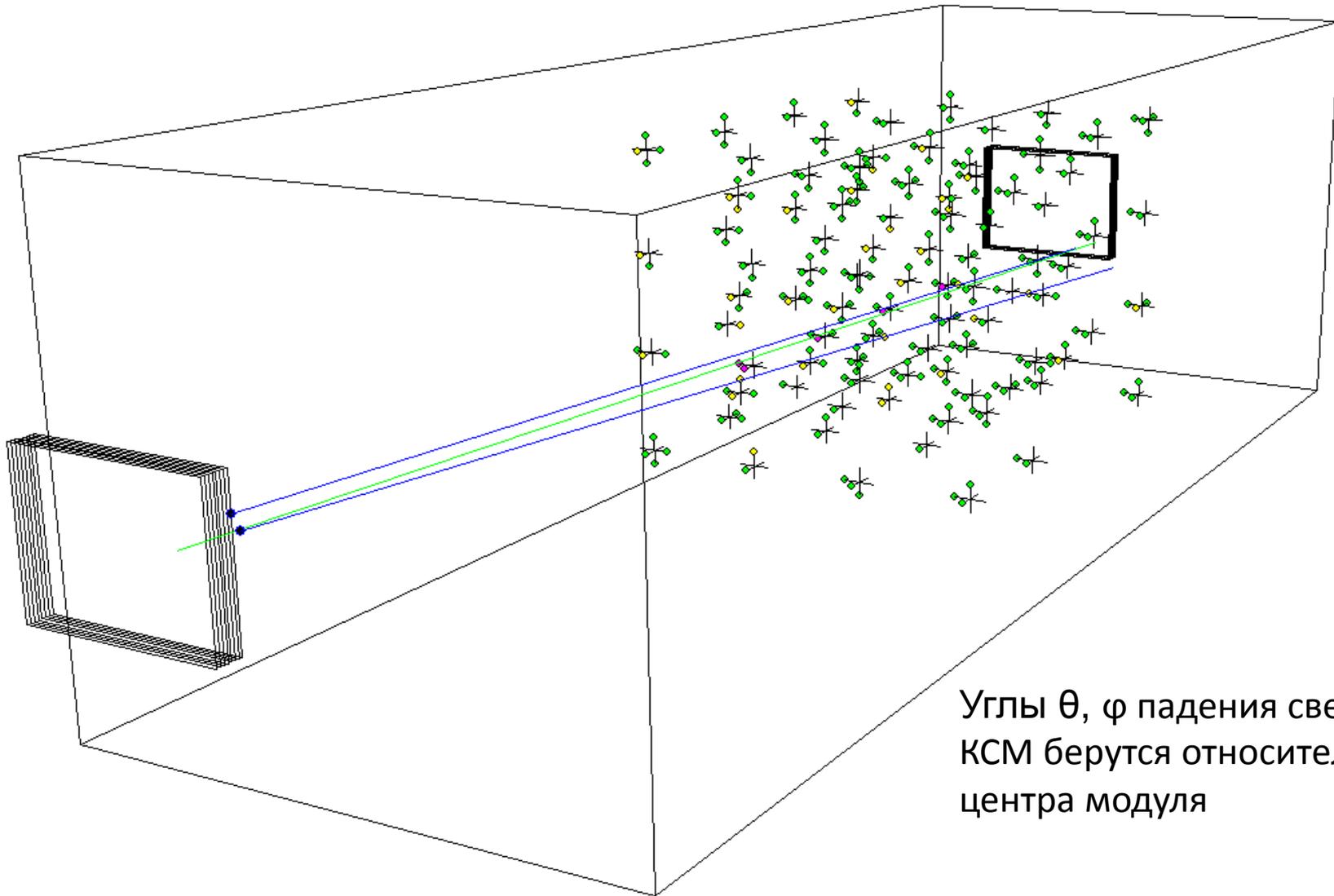
KM3NeT (31)

# Новое исследование сферичности модуля. Подход

- исследуется не отдельно взятый модуль, а средние характеристики отклика КСМ пространственной решетки;
- КСМ «обстреливаются» черенковским светом от частиц, выделяемых с помощью системы калибровочных телескопов и трекового детектора ДЕКОР;
- количественные параметры отклика КСМ приводятся к сферическому треугольнику, составляющему  $1/48$  часть сферы:



# Пример события с одиночным мюоном, трек которого определен по данным ДЕКОР



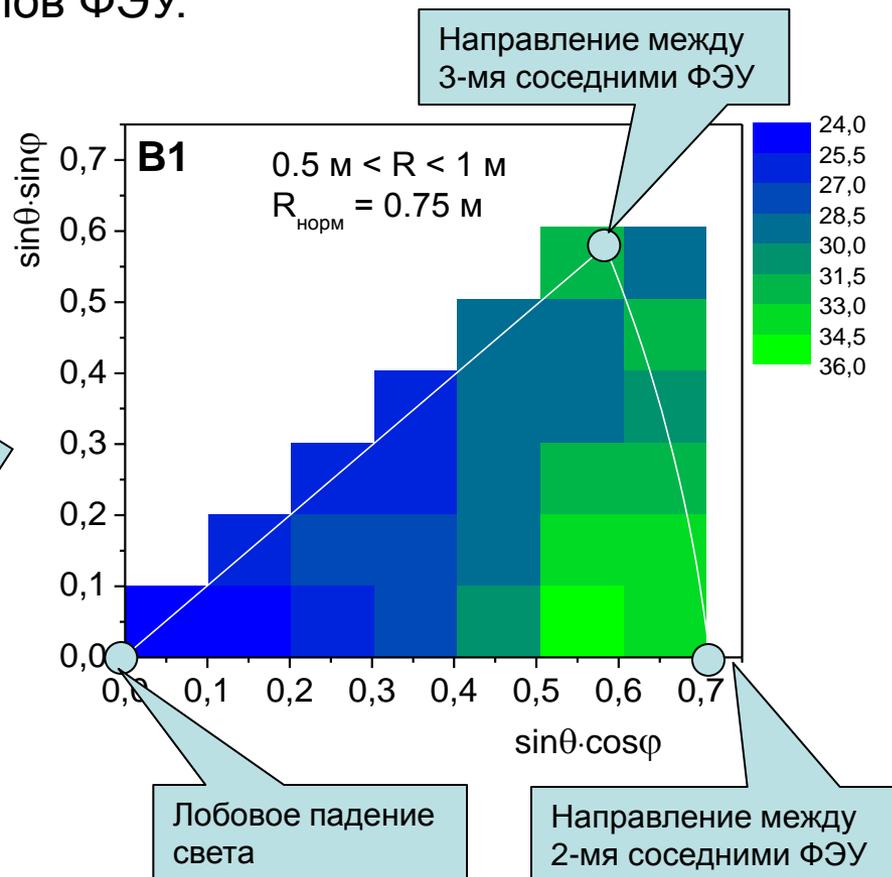
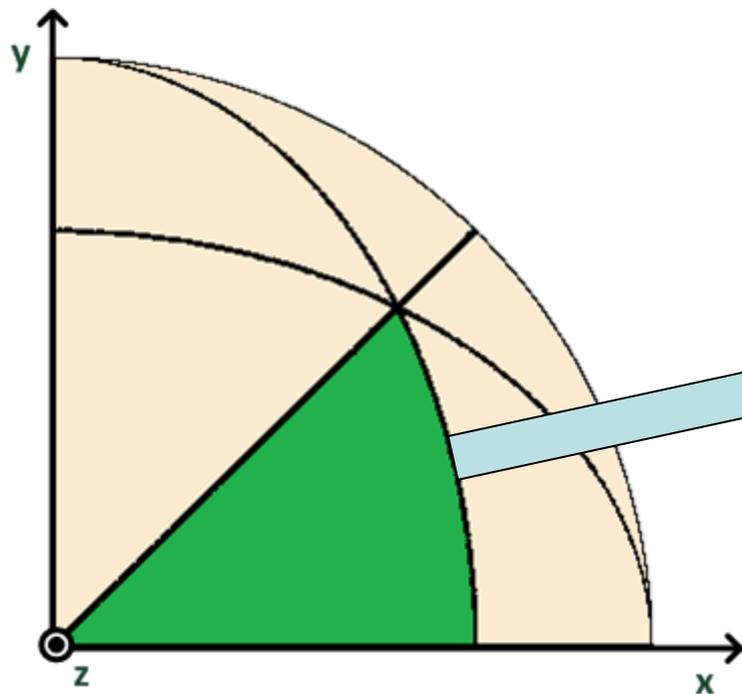
Углы  $\theta$ ,  $\varphi$  падения света на КСМ берутся относительно центра модуля

# Анализируемые характеристики

Рассматривался отклик КСМ для разных диапазонов расстояний до трека в двух вариантах:

V1 – сумма сигналов ФЭУ,

V2 – корень из суммы квадратов сигналов ФЭУ.



# Анализ сферичности КСМ на расстояниях 0.5 – 2 м

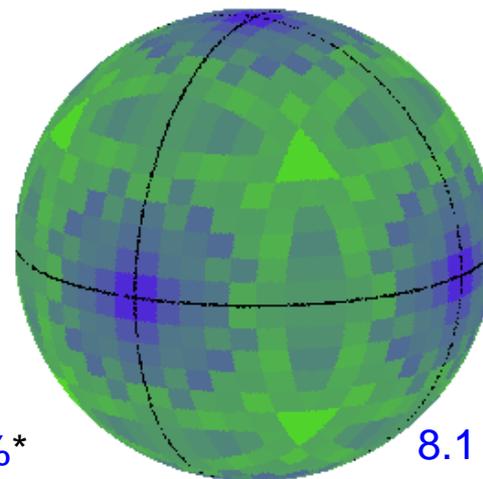
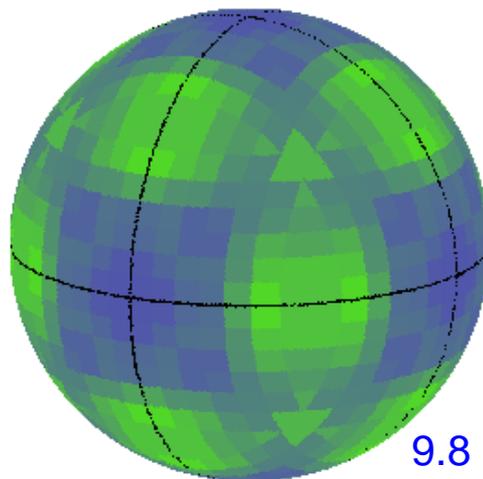
V1: сумма сигналов  
всех ФЭУ



V2: корень из суммы  
квадратов сигналов ФЭУ

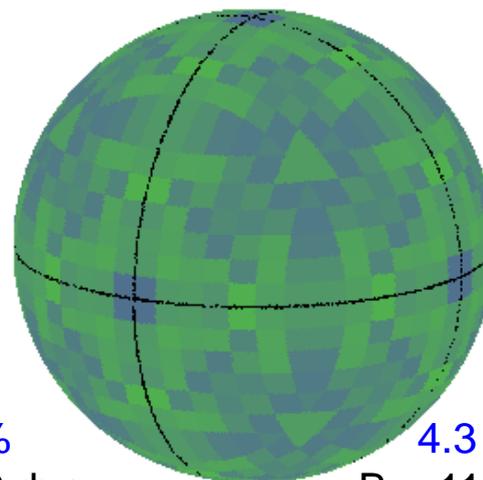
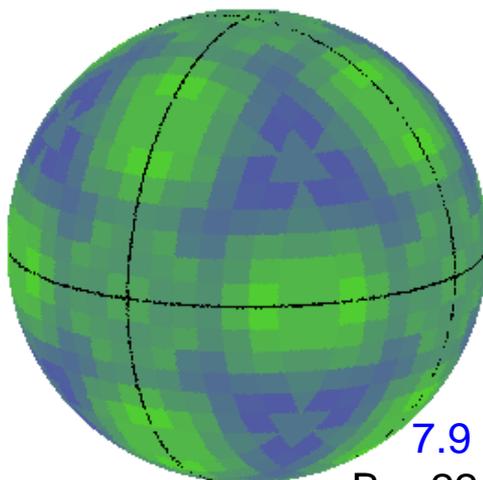
R: 0.5 ÷ 1 м

R: 1 ÷ 2 м



9.8 %\*  
<B>=30.0 ф.э.

8.1 %  
<B>=15.2 ф.э.



7.9 %  
<B>=22.6 ф.э.

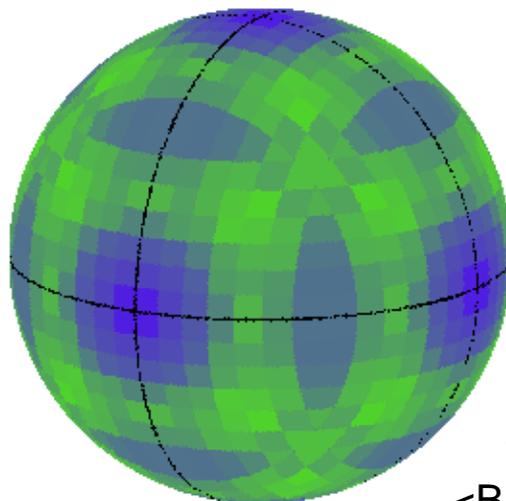
4.3 %  
<B>=11.0 ф.э.

Усредненное по сфере среднеквадратичное  
отклонение от среднего:



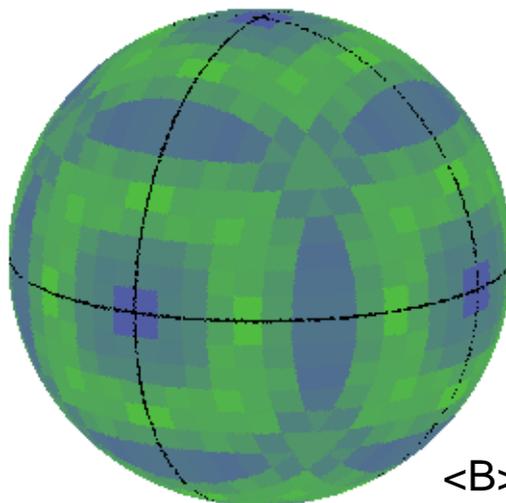
# Анализ сферичности КСМ на расстояниях 2-3 м

В1: сумма сигналов  
всех ФЭУ



10.8 %\*  
<B>=8.5 ф.э.

В2: корень из суммы  
квадратов сигналов ФЭУ



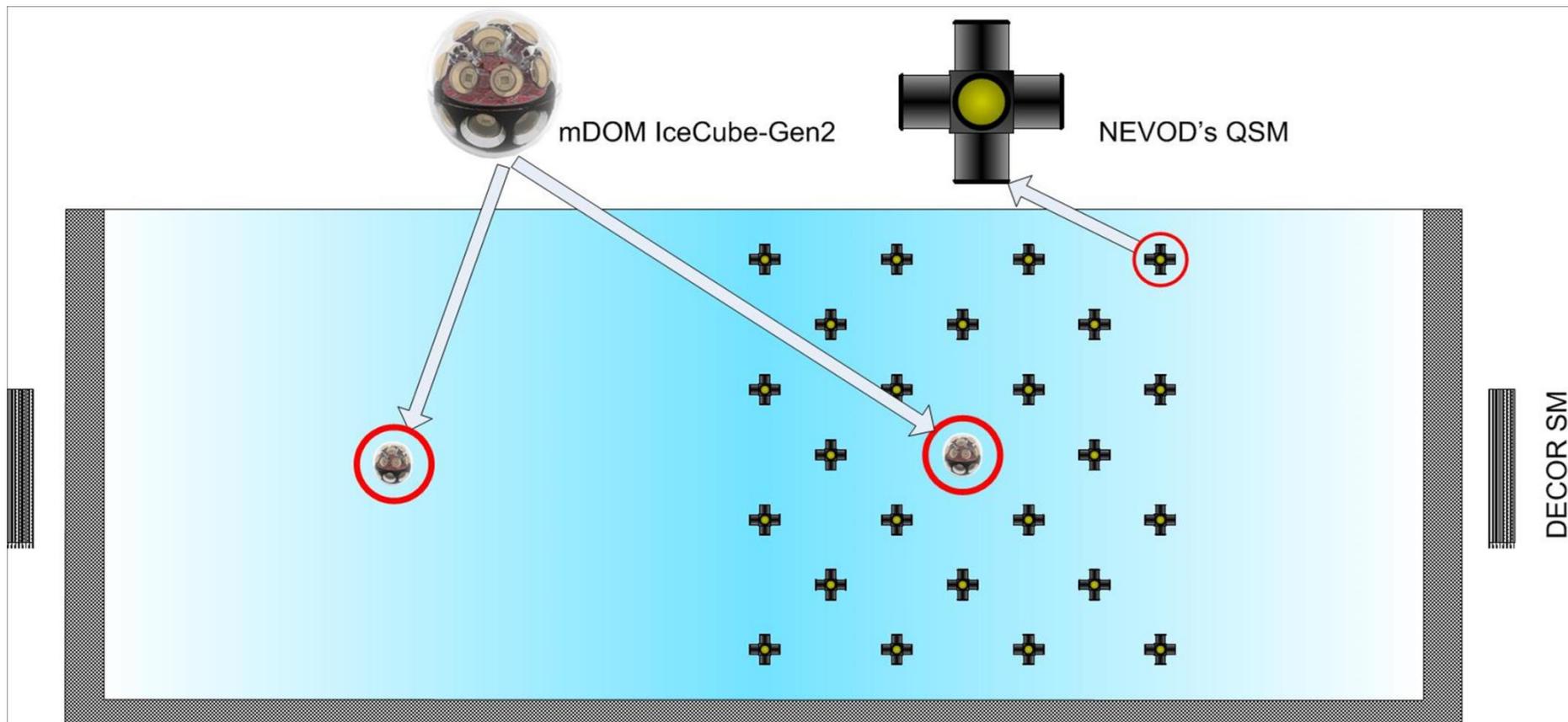
6.3 %  
<B>=6.3 ф.э.

% -40 -30 -20 -10 0 10 20 30



Усредненное по сфере среднеквадратичное  
отклонение от среднего:

# Калибровка модуля mDOM детектор IceCube-Upgrade в бассейне ЧВД НЕВОД



**Калибровка планируется в 2021 году и продлится 4-10 месяцев.**

# Для чего нужна калибровка mDOM в НЕВОД? (вместо заключения)

- **Коллаборация IceCube:** получение первых экспериментальных данных об отклике mDOM на одиночные мюоны, каскадные ливни и группы мюонов;
- **Коллаборация The Global Neutrino Network, GNN (IceCube-Gen2, GVD, KM3Net):** калибровка модулей различных нейтринных телескопов в одинаковых условиях.
- На калибровку модулей 10.07.2020 **получен патент на изобретение** № RU 2726265 «Комплекс для измерения угловой зависимости отклика оптического модуля нейтринного черенковского водного телескопа».