

Зачем нужны нейтринные телескопы?

Вселенная глазами нейтрино

Дмитрий В. Наумов

Ежегодно в феврале-марте

В южной части Байкала



Физики, инженеры, биологи



Пилят лёд



Вытаскивают ледяные блоки



Погружаются в воду



Каждое утро долбят лёд.

Ночью снимают звёздное небо



Устанавливают лебёдки



Кипятят кабели



Погружают в воду
стеклянные шары



Отковыривают с якоря новые организмы



ЧТО ПРОИСХОДИТ?!

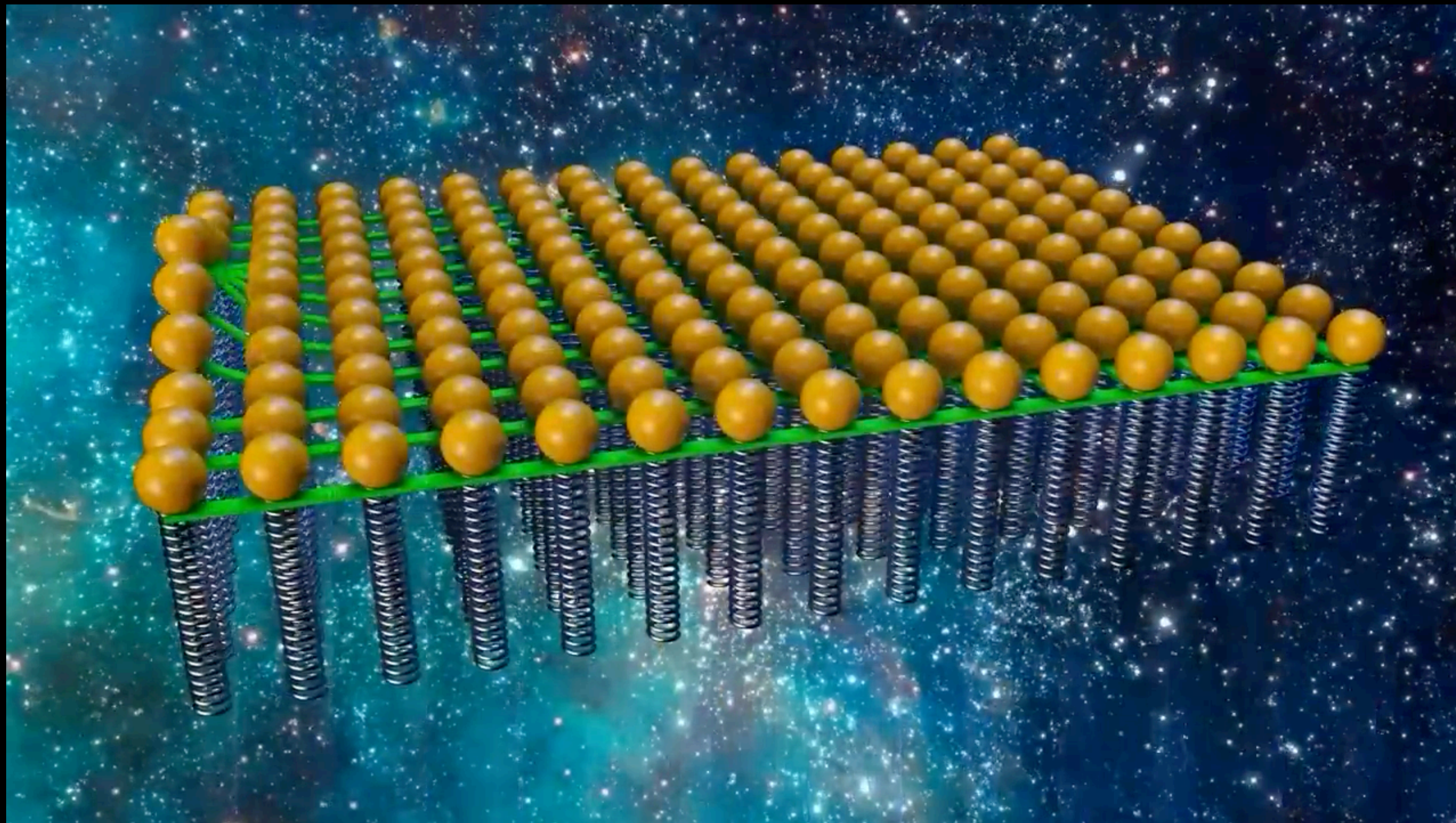
Идёт строительство
глубоководного
байкальского нейтринного
телескопа

1. Что такое нейтрино?
2. Что такое нейтринный телескоп?
3. Зачем всё это нужно?

Мир в квантовом микроскопе



Видео CERN

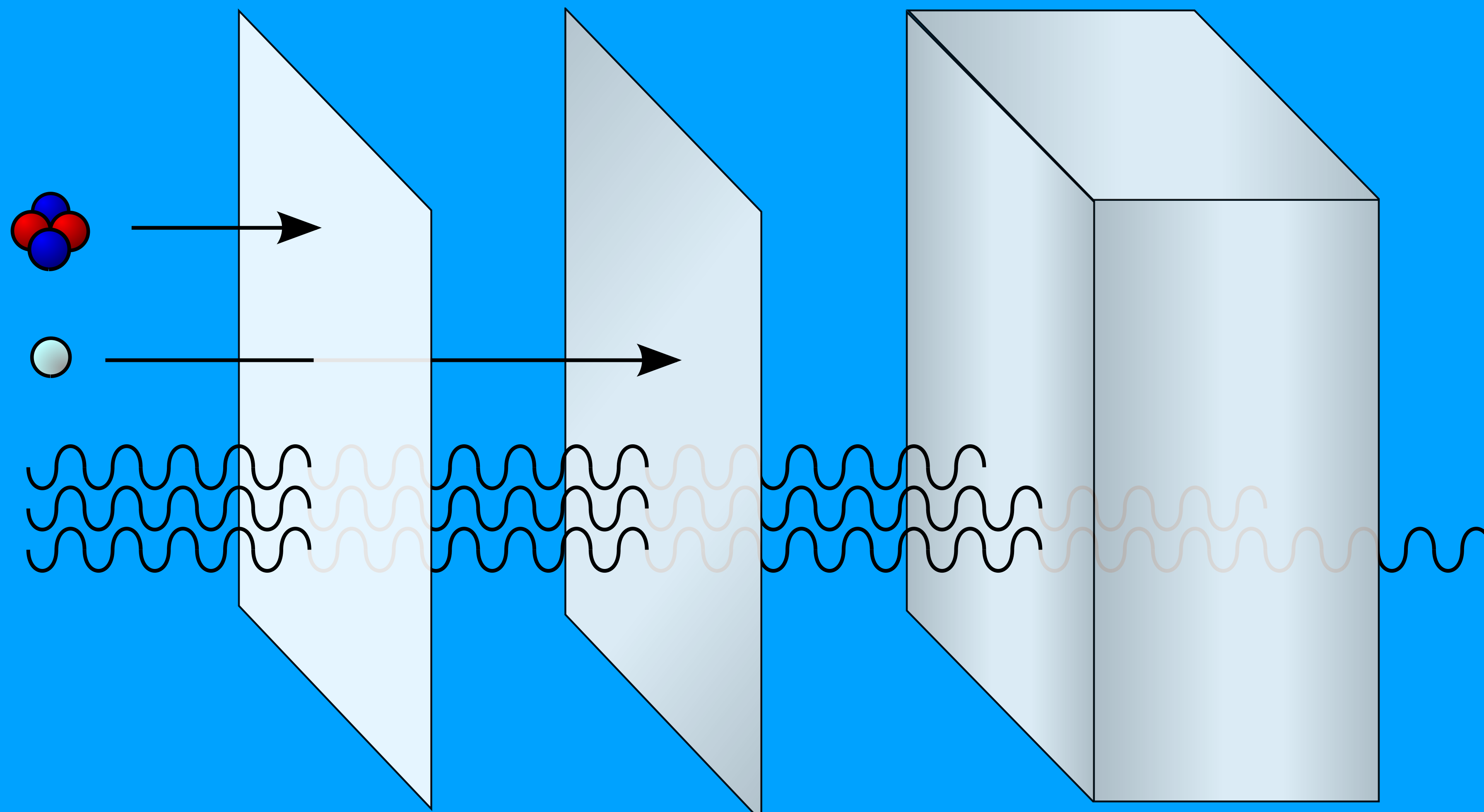


Видео адаптировано из Arvin Ash

Частицы это волны квантовых полей

- Лептоны: электрон, мюон, тау-лептон + три типа нейтрино
- Кварки
- Переносчики взаимодействий: фотон, W , Z , глюоны

α
 β
 γ



Бумага (1 мм)

Алюминий (1 см)

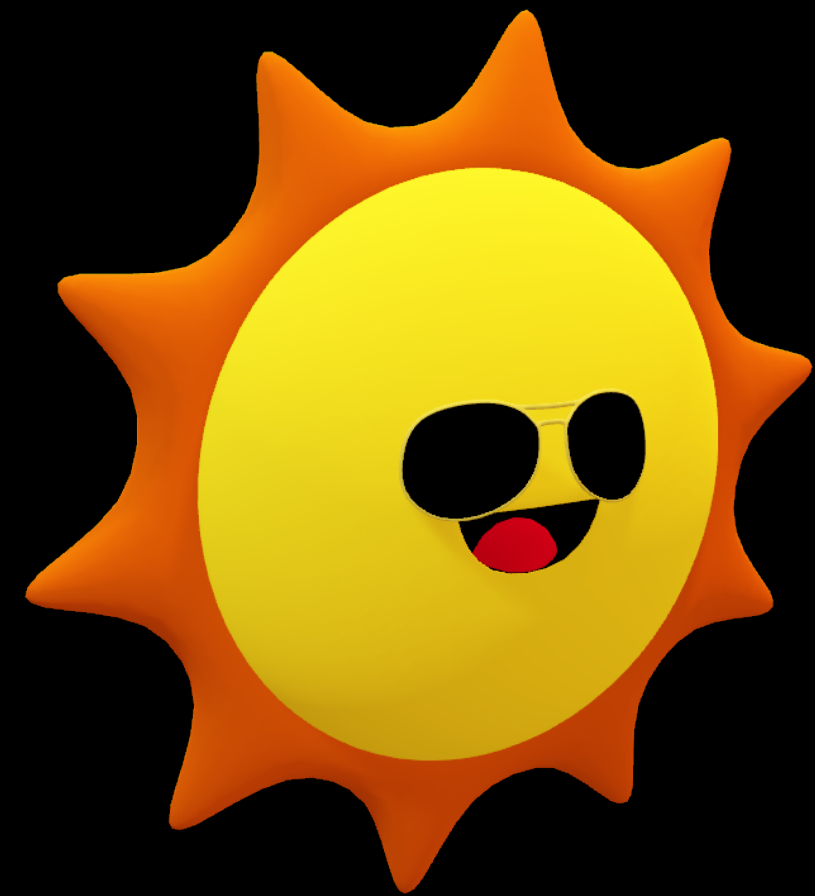
Бетон (1 м)

Нейтрино особенное

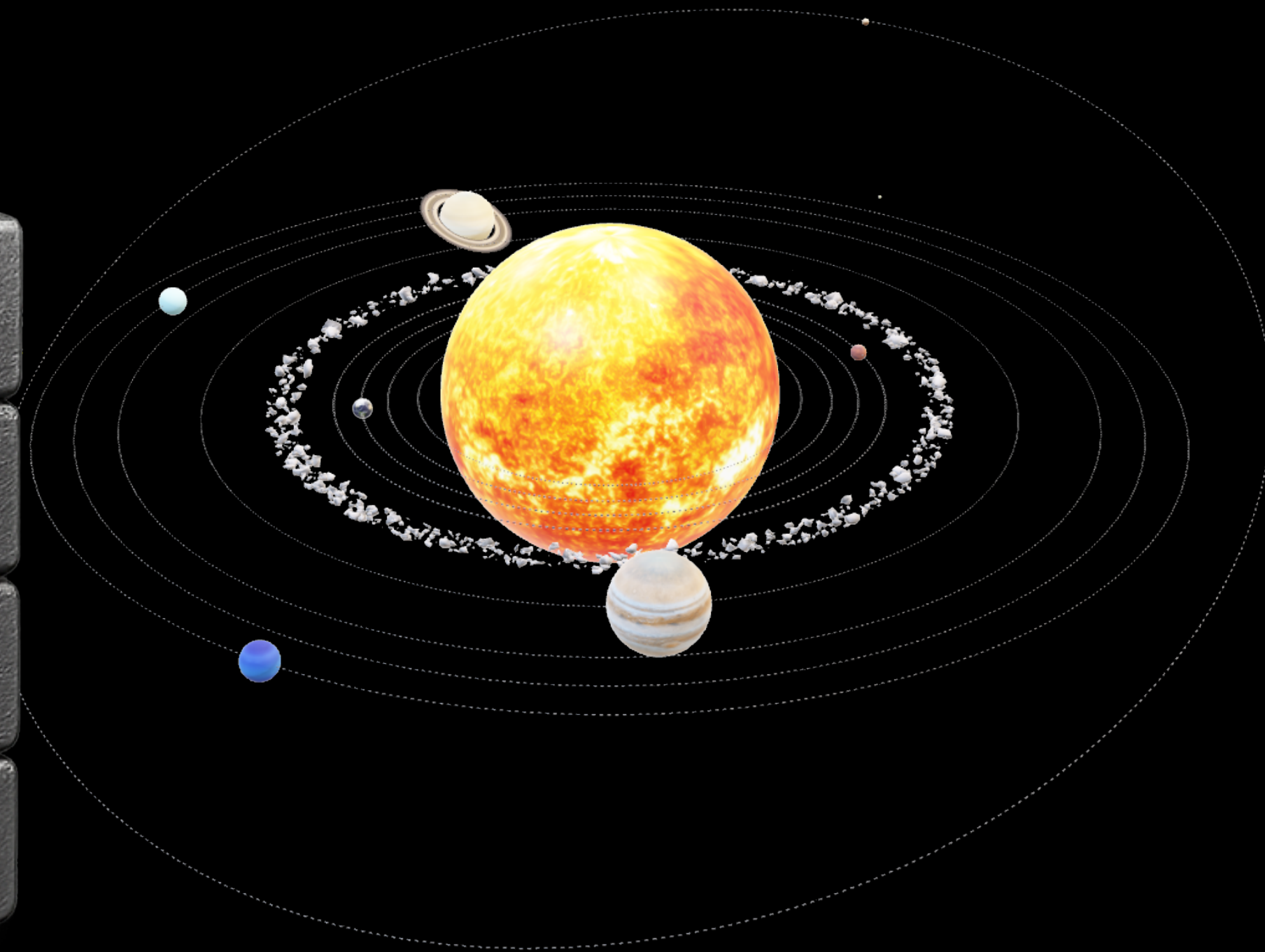
- Взаимодействует очень слабо с веществом
- Умеет менять свой тип

Только половина солнечных нейтрино

застрянет в свинце



Альфа-Центавра



Солнце

БОЛЬШАЯ НАУКА ДЕТЯМ
СОЛНЕЧНОЕ НЕЙТРИНО
ДМИТРИЙ НАУМОВ

ДМИТРИЙ НАУМОВ

СПЕЦИАЛИСТ ПО НЕЙТРИННОЙ ФИЗИКЕ,
ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК,
СОТРУДНИК ОБЪЕДИНЁННОГО ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДУБНЕ

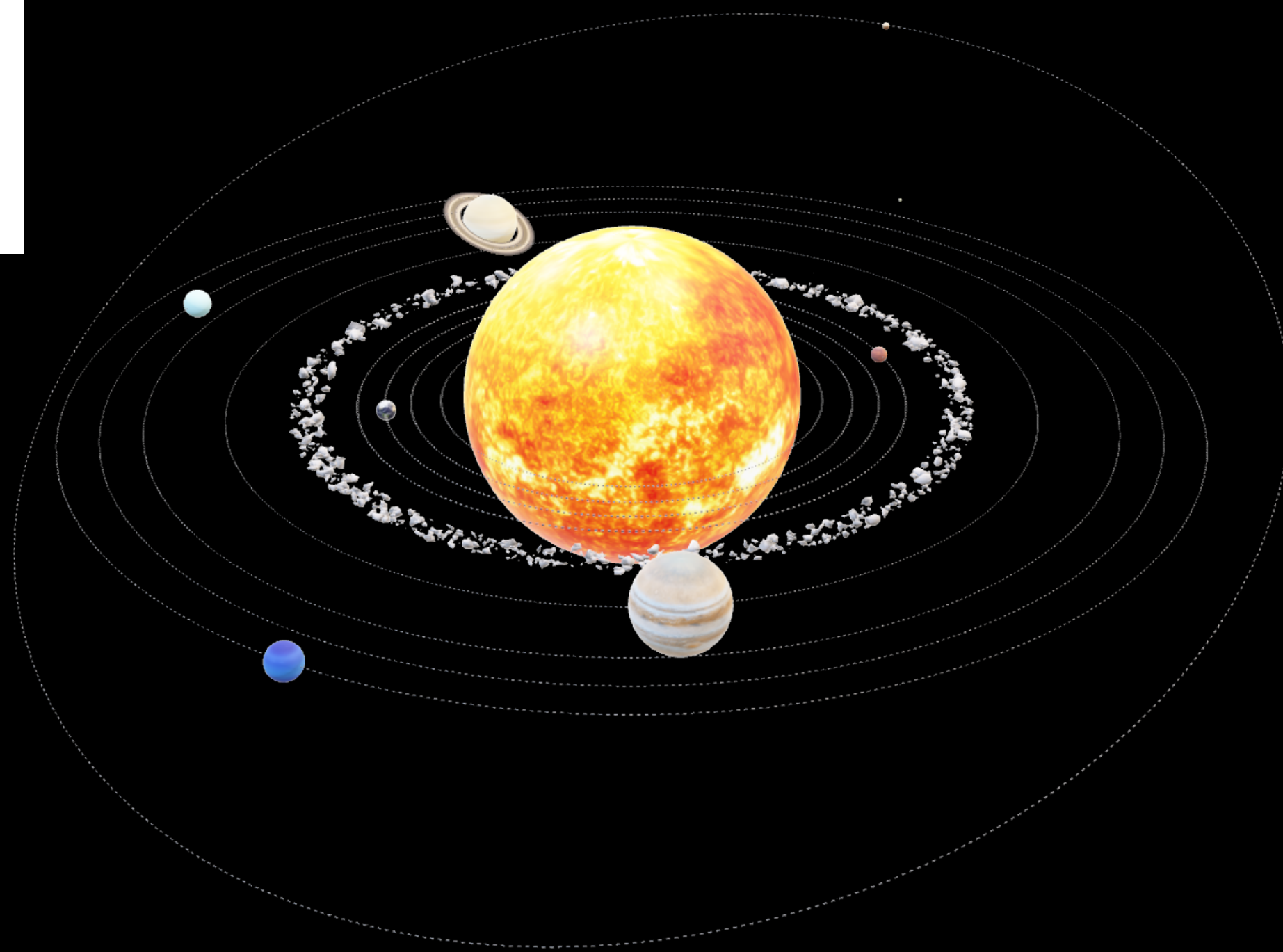
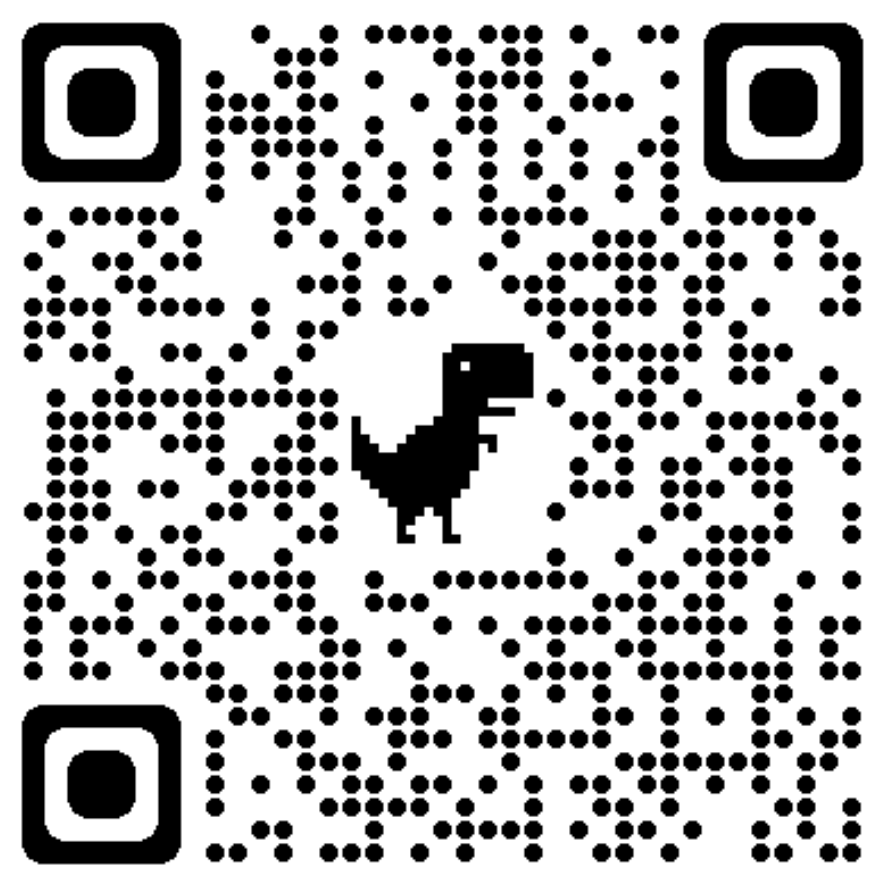
СОЛНЕЧНОЕ НЕЙТРИНО



А. Козлов

Joint Institute
for Nuclear
Research

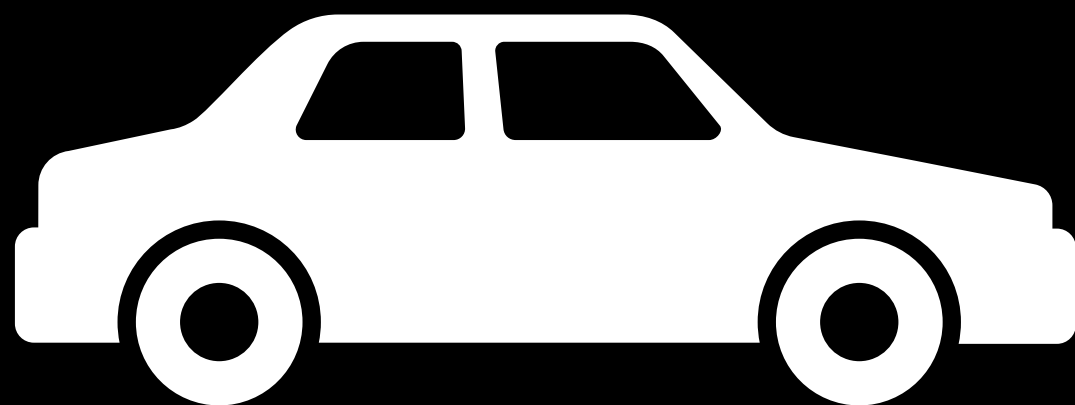
БОЛЬШАЯ
НАУКА ДЕТЯМ



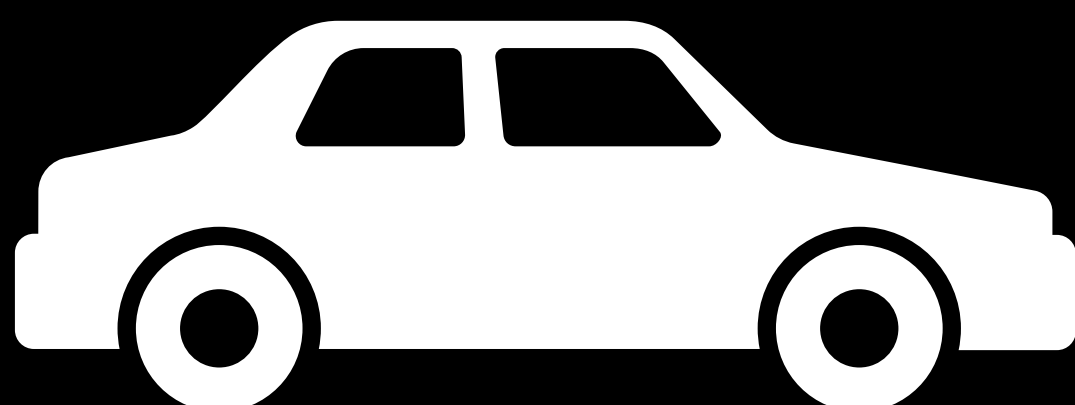
Солнце

Осцилляции нейтрино для пешеходов

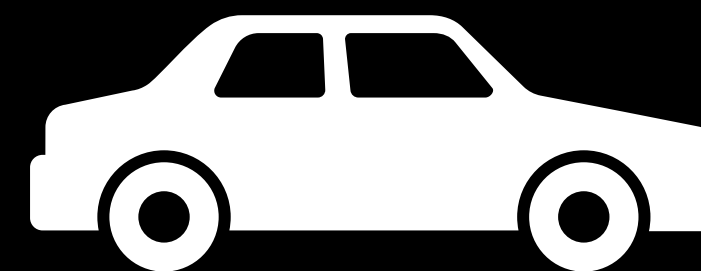
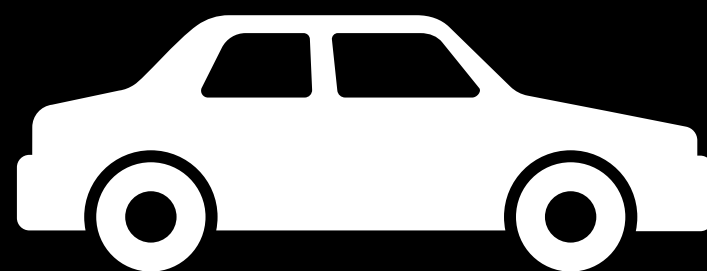
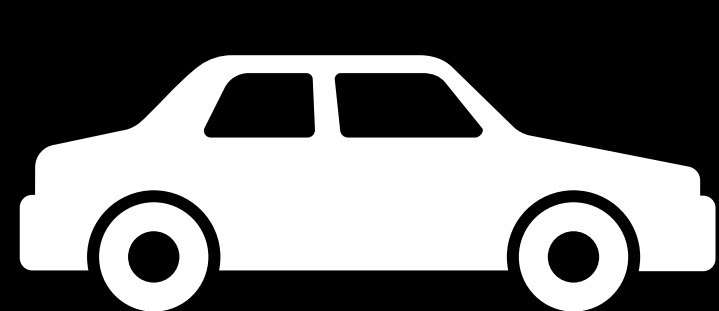
Обычная частица



Нейтрино



Нейтрино

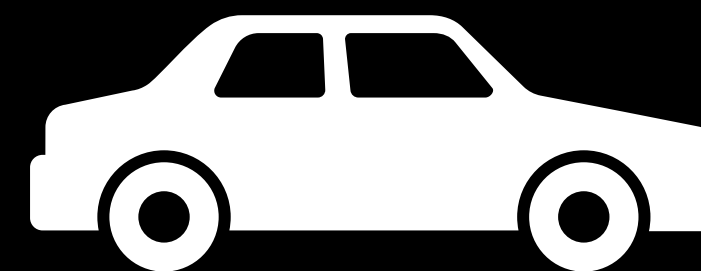
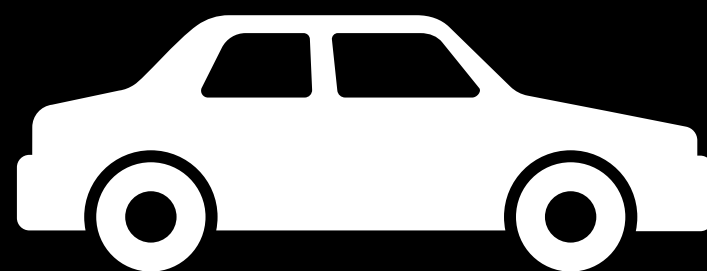
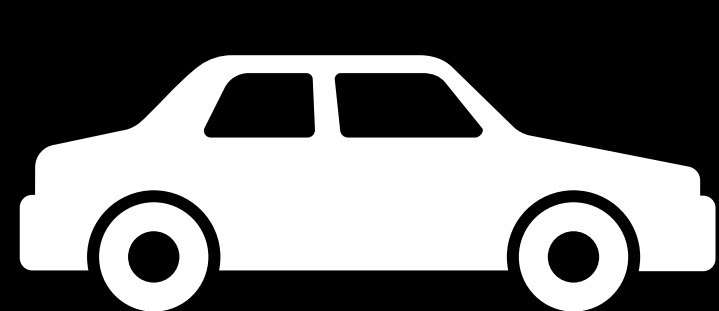


Вероятность встретить
легковушку



Расстояние

Нейтрино

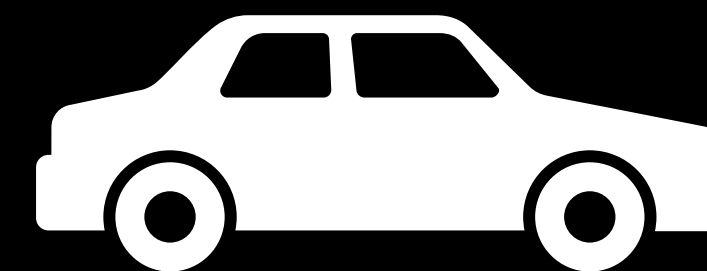
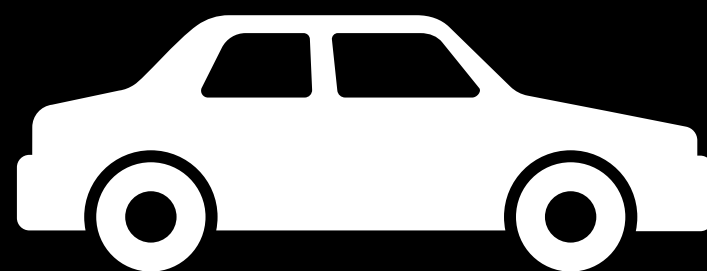
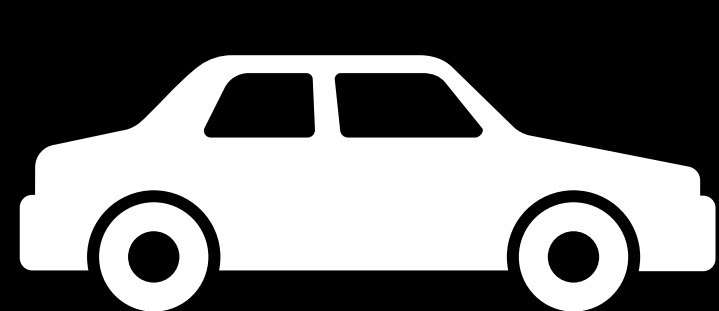


Вероятность встретить
легковушку



Расстояние

Нейтрино



Вероятность встретить
легковушку



Расстояние

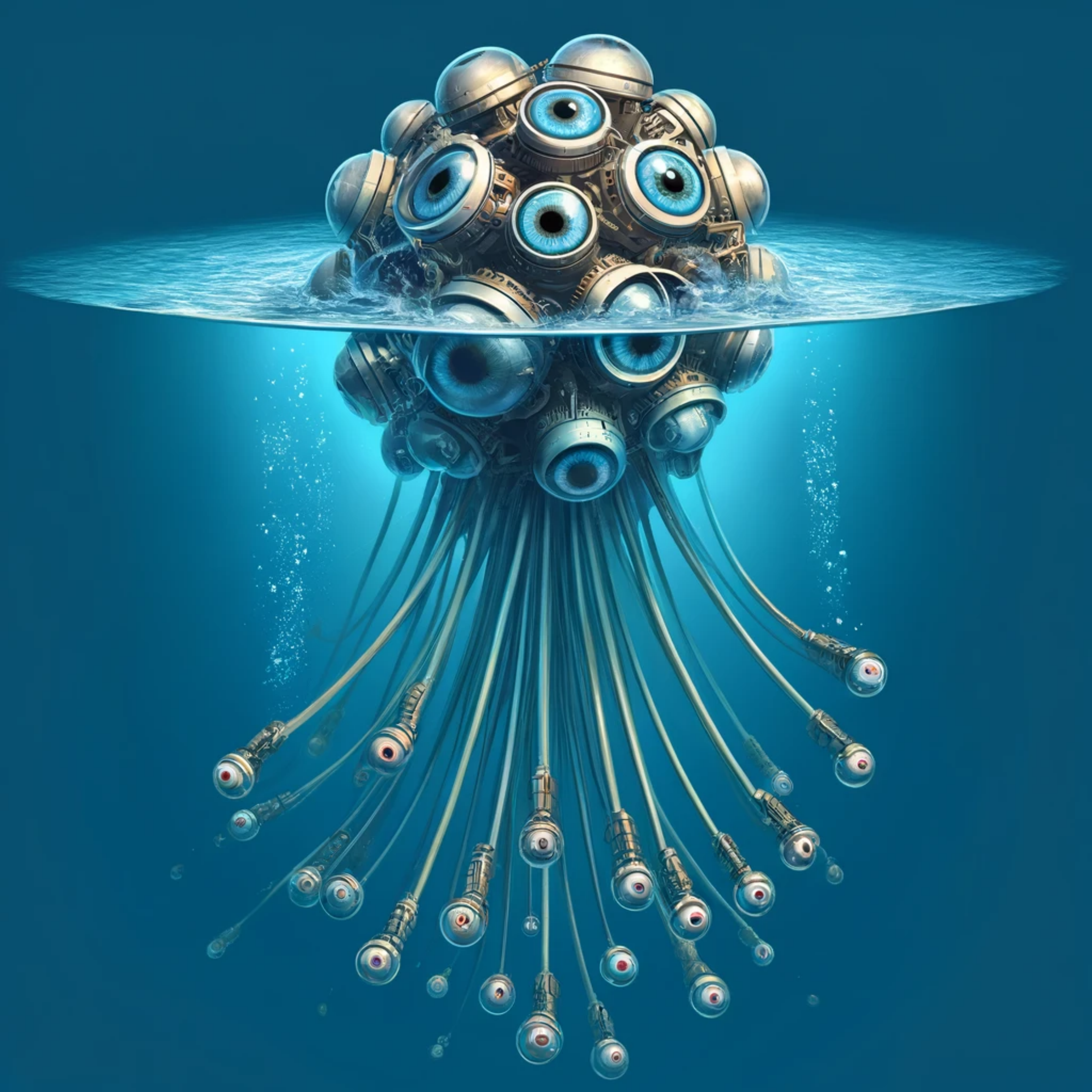
Что такое нейтринный
телескоп?





Нейтринный телескоп похож на многоглазое чудище

- Вглядывается в кромешную тьму озера на глубине до 1.4 км
- Обнаруживает свет, излучаемый электрически заряженными частицами
- Частицы рождаются когда нейтрино разбивает атомные ядра вдребезги



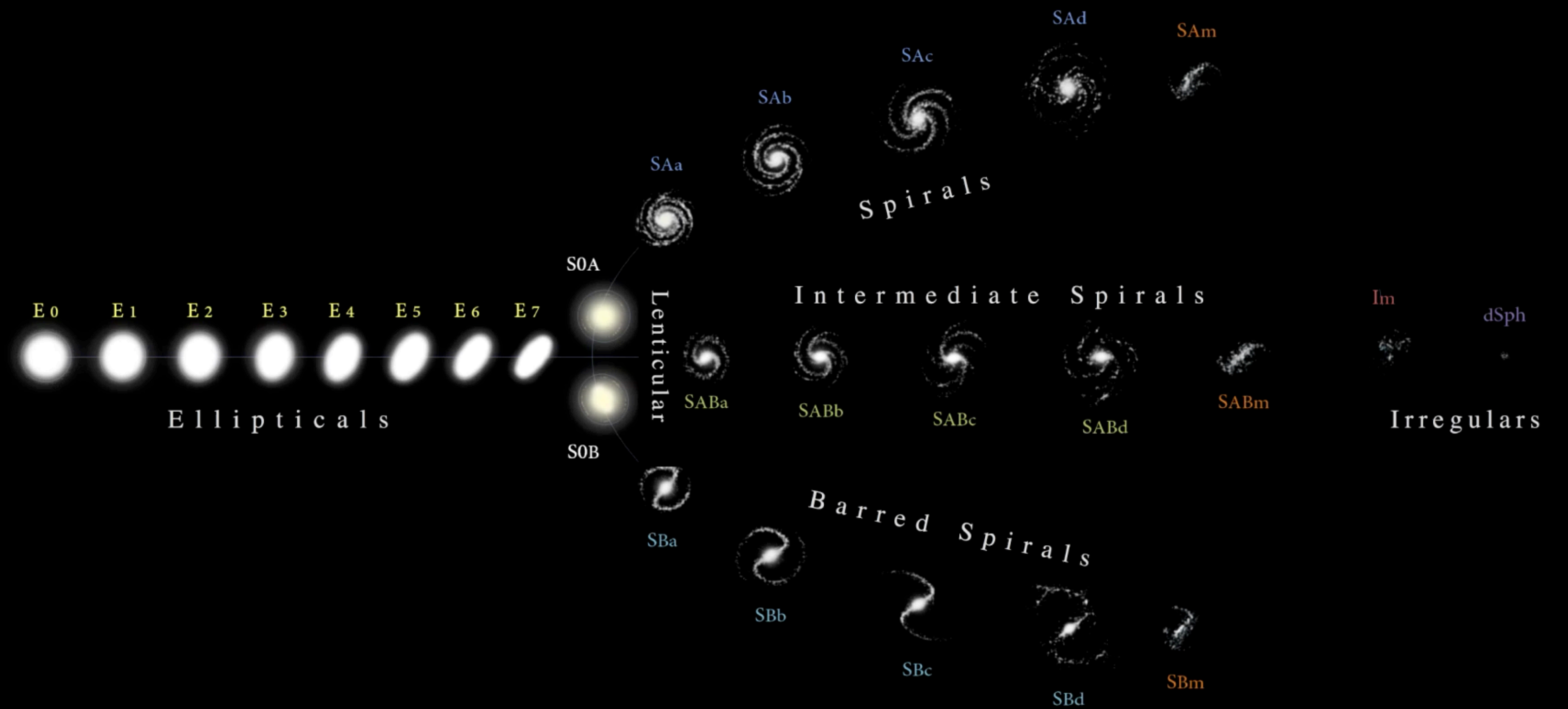
**Зачем нам нейтринный
телескоп?**

Зачем нам нейтринный телескоп

Главный вопрос —
как образовались
галактики?

Их структура и
разнообразие

HUBBLE-DE VAUCOULEURS DIAGRAM



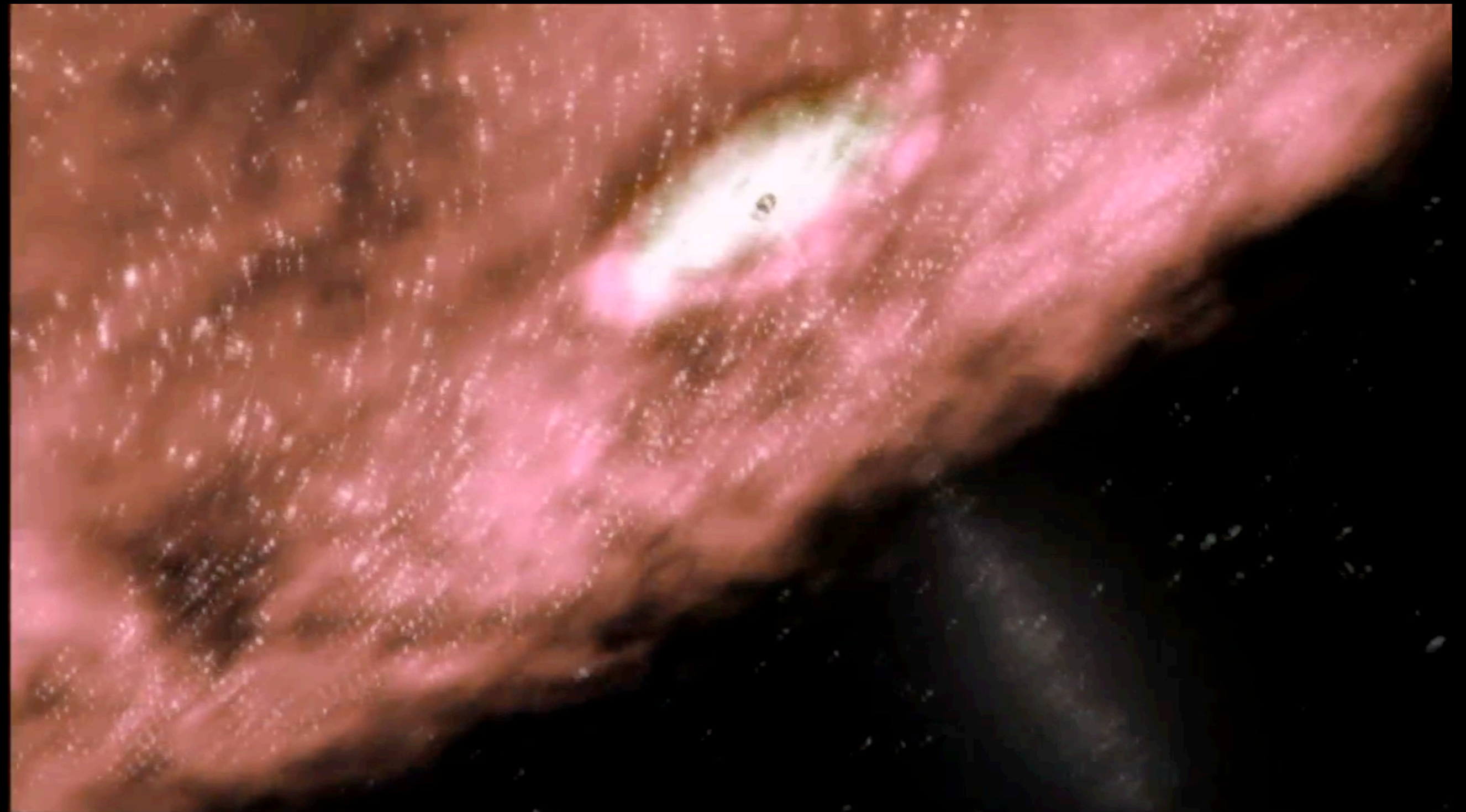
Анимация М. Мищенко

Зачем нам нейтринный телескоп

Главный вопрос —
как образовались
галактики?

Их структура и
разнообразие

Роль сверхмассивной
чёрной дыры



Четыре всадника многоканальной астрономии

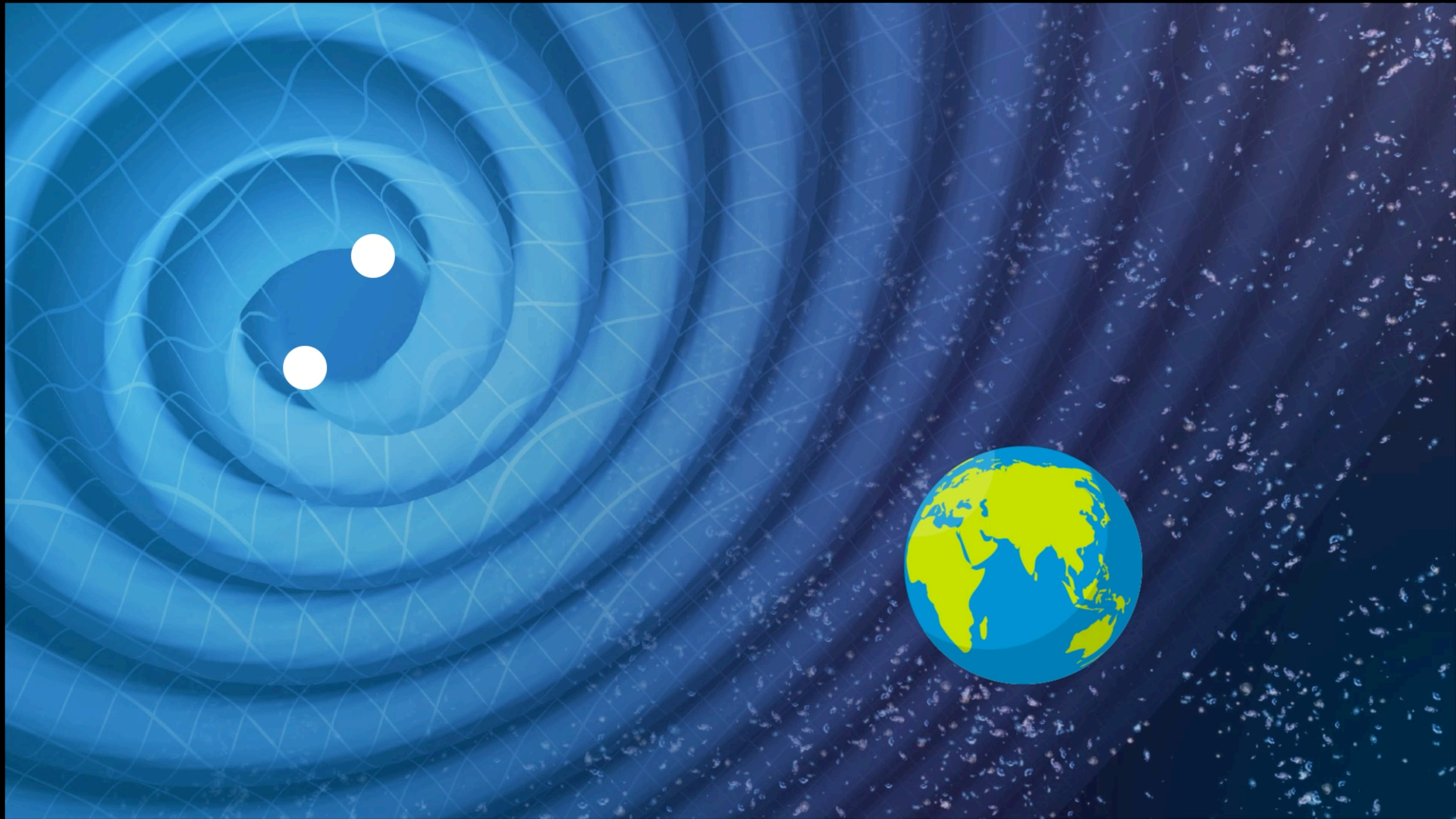


Свет

Космические
лучи

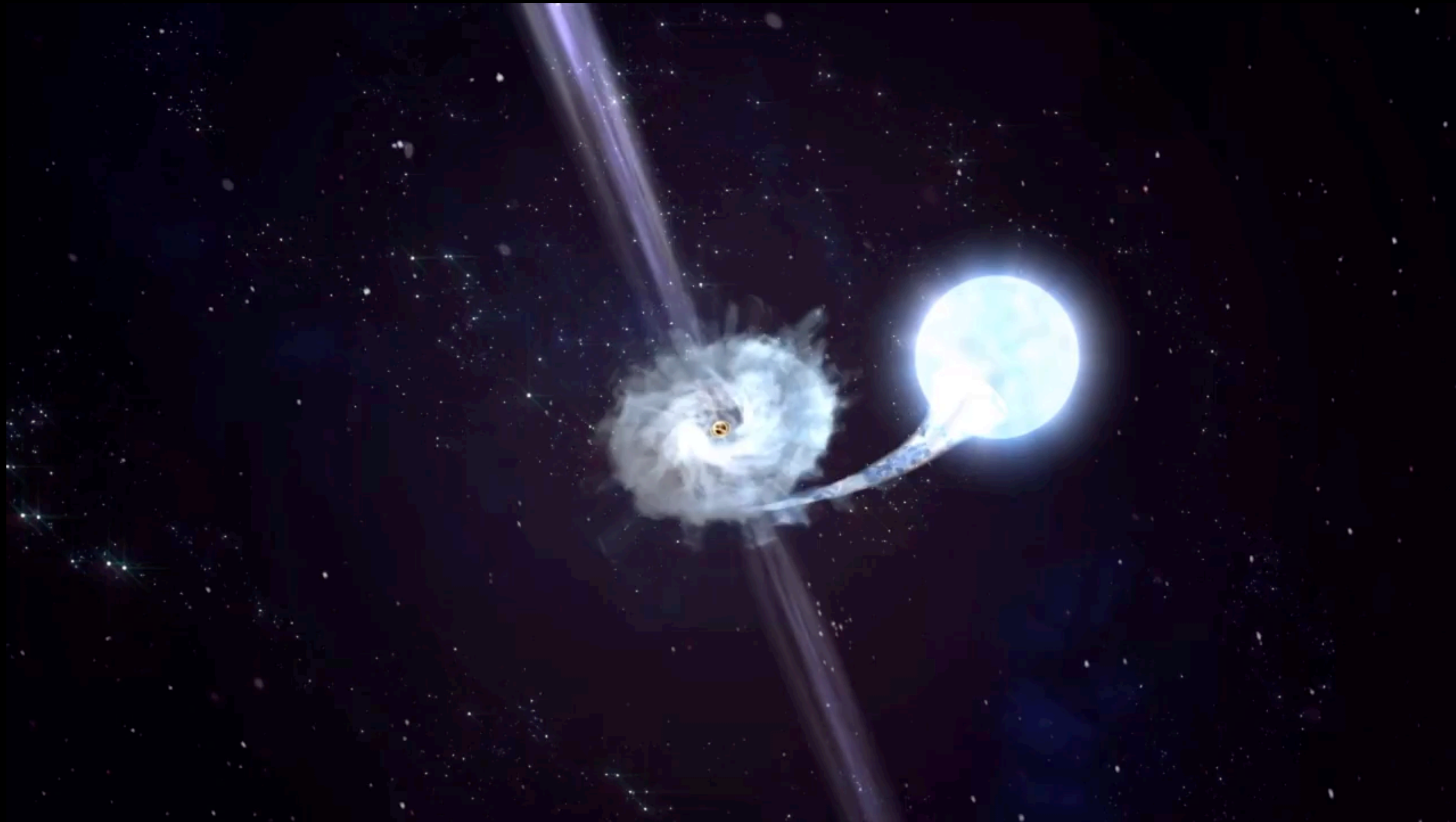
Гравитационные
волны

Нейтрино



Анімація М. Мищенко

**Нейтрино несут информацию из таких мест,
откуда сложно вырваться другим частицам**

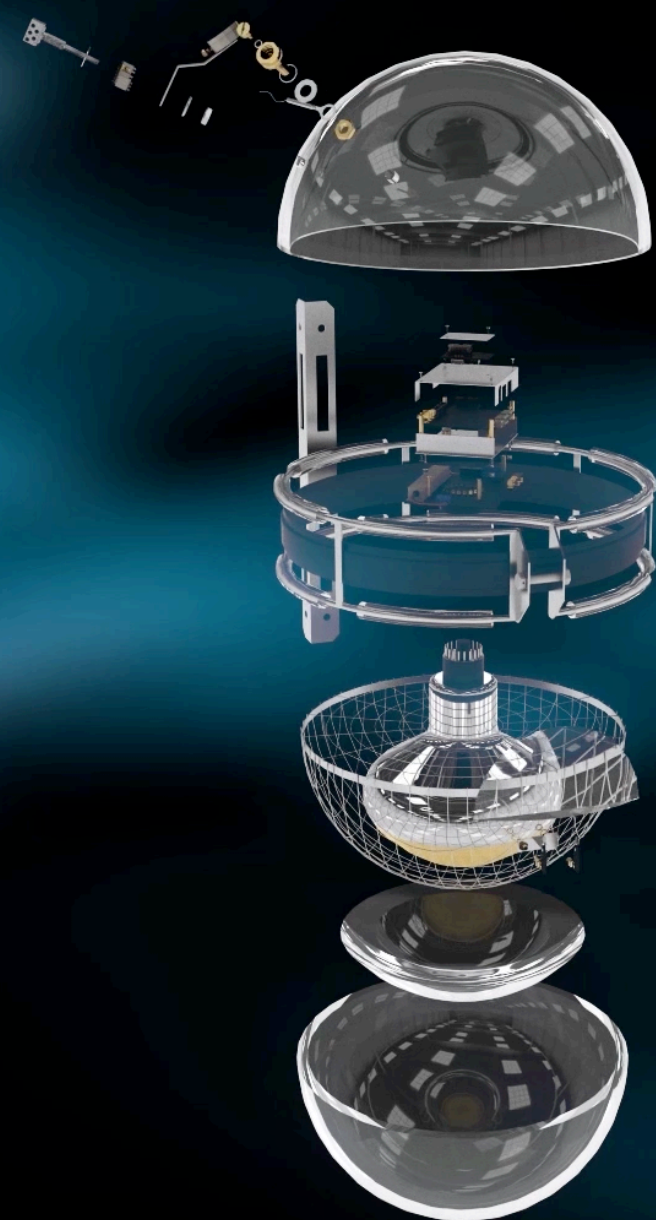


Байкальский нейтринный телескоп

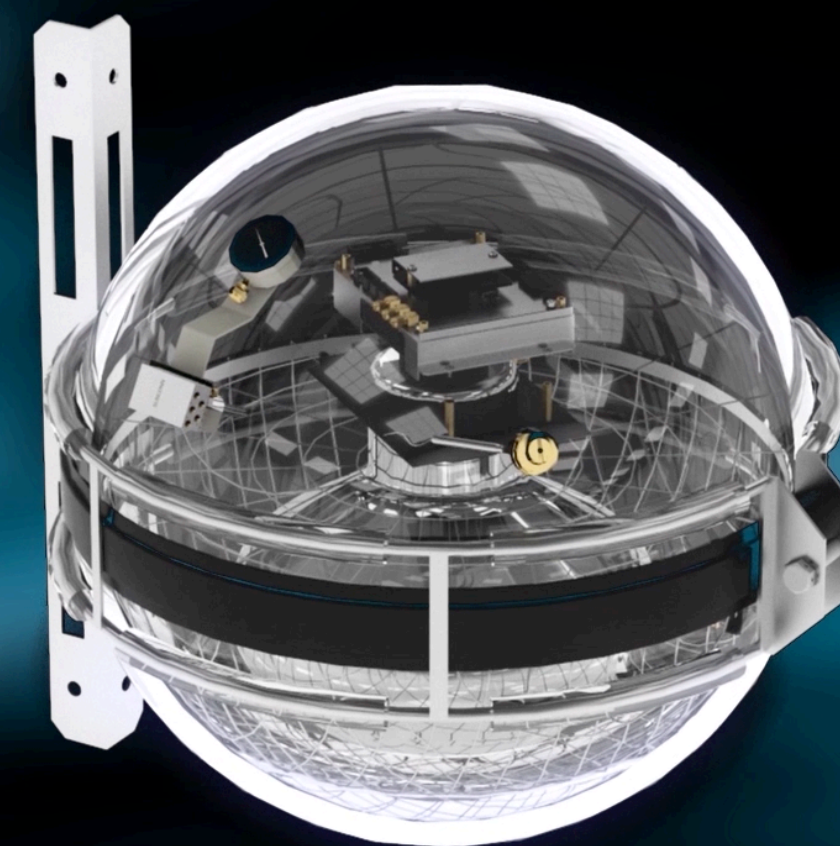
Принцип регистрации нейтрино



Анимация С. Гурского



Оптический модуль
“пиксель телескопа”



Камера нейтринного телескопа
3D массив из “пикселей”

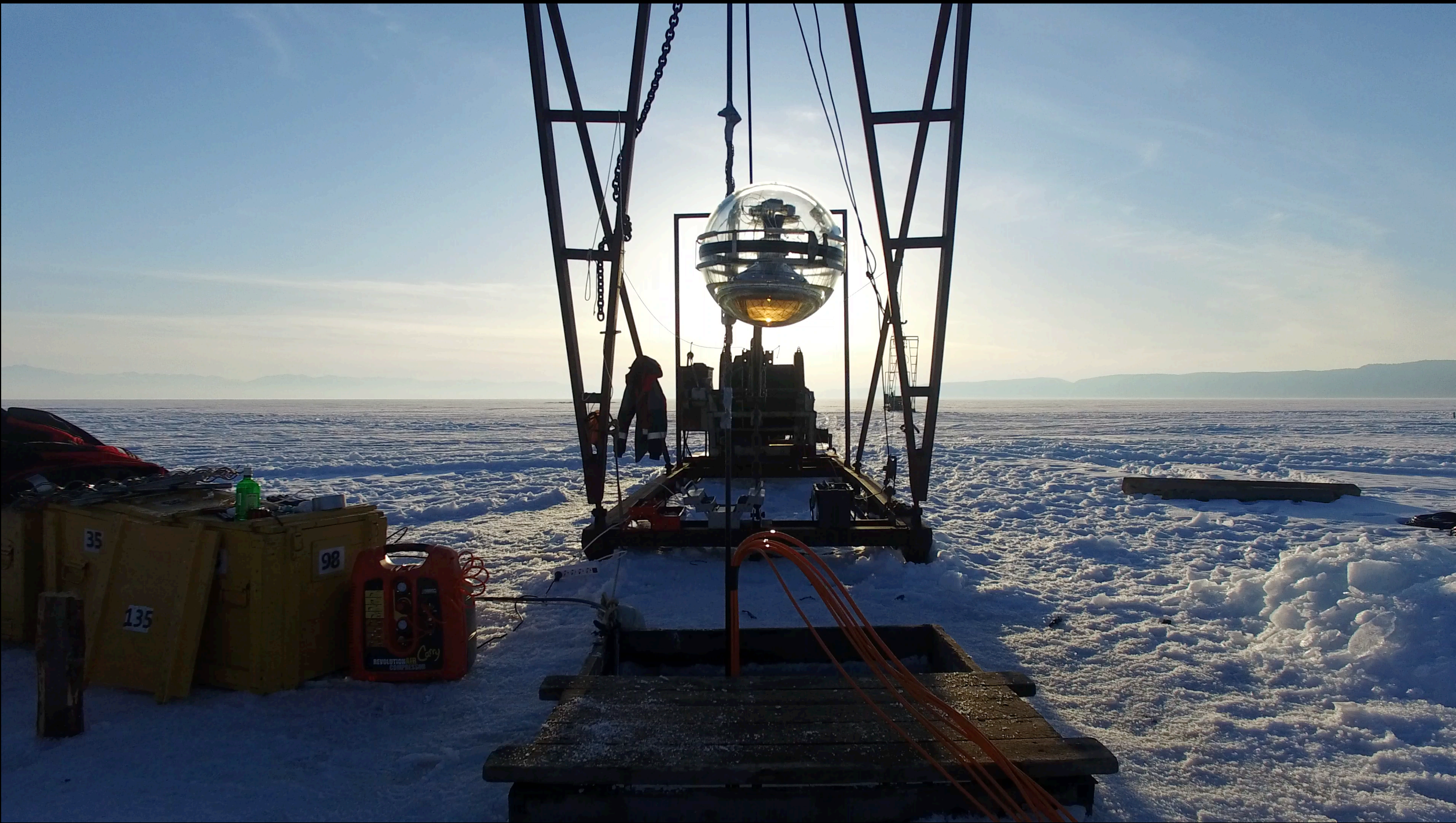
Строительство телескопа



Фото Б. Шайбонова



Фото Б. Шайбонова



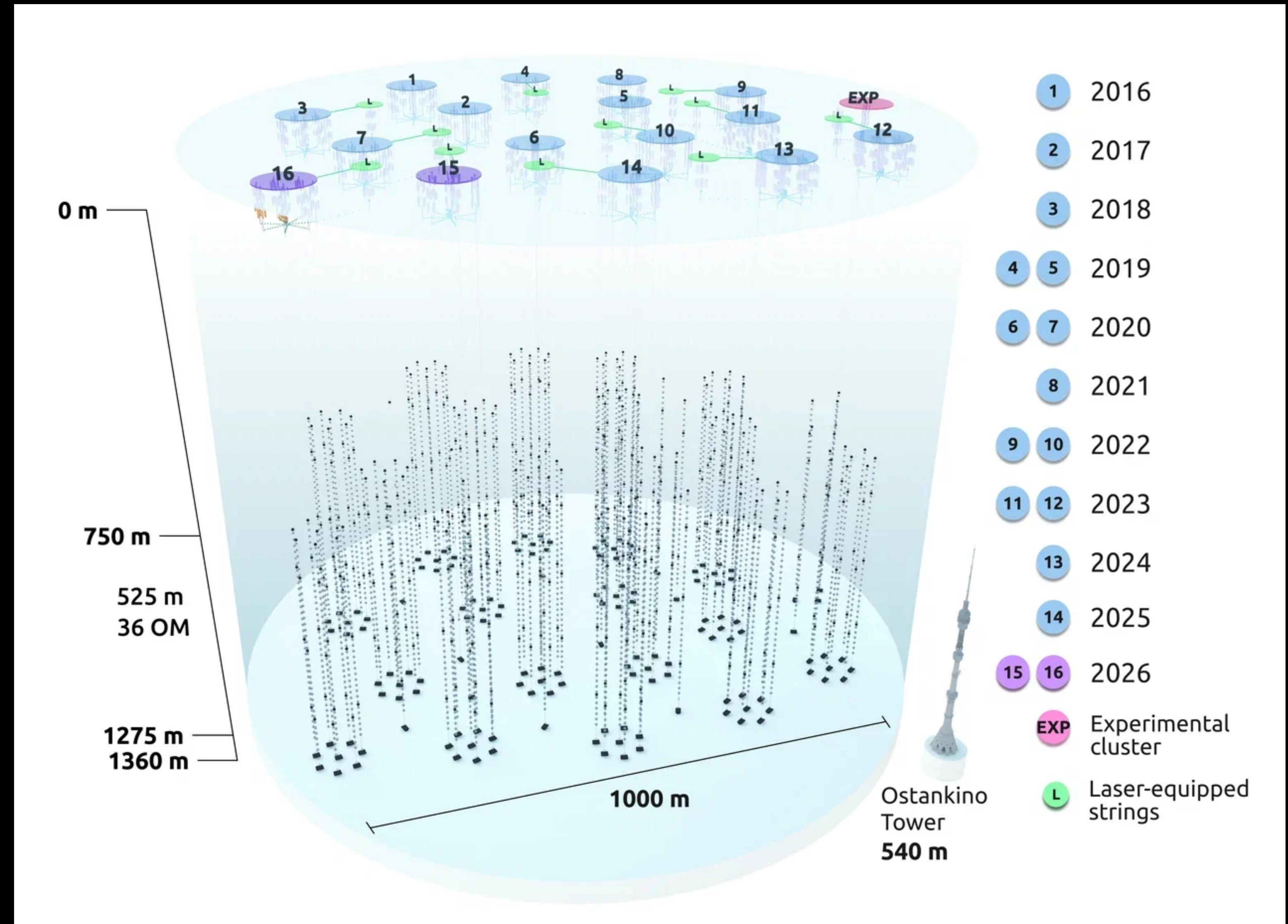
Видео М. Жукова

Байкальский нейтринный телескоп 2026

Объём = 0.7 куб. км

Крупнейший в северном полушарии

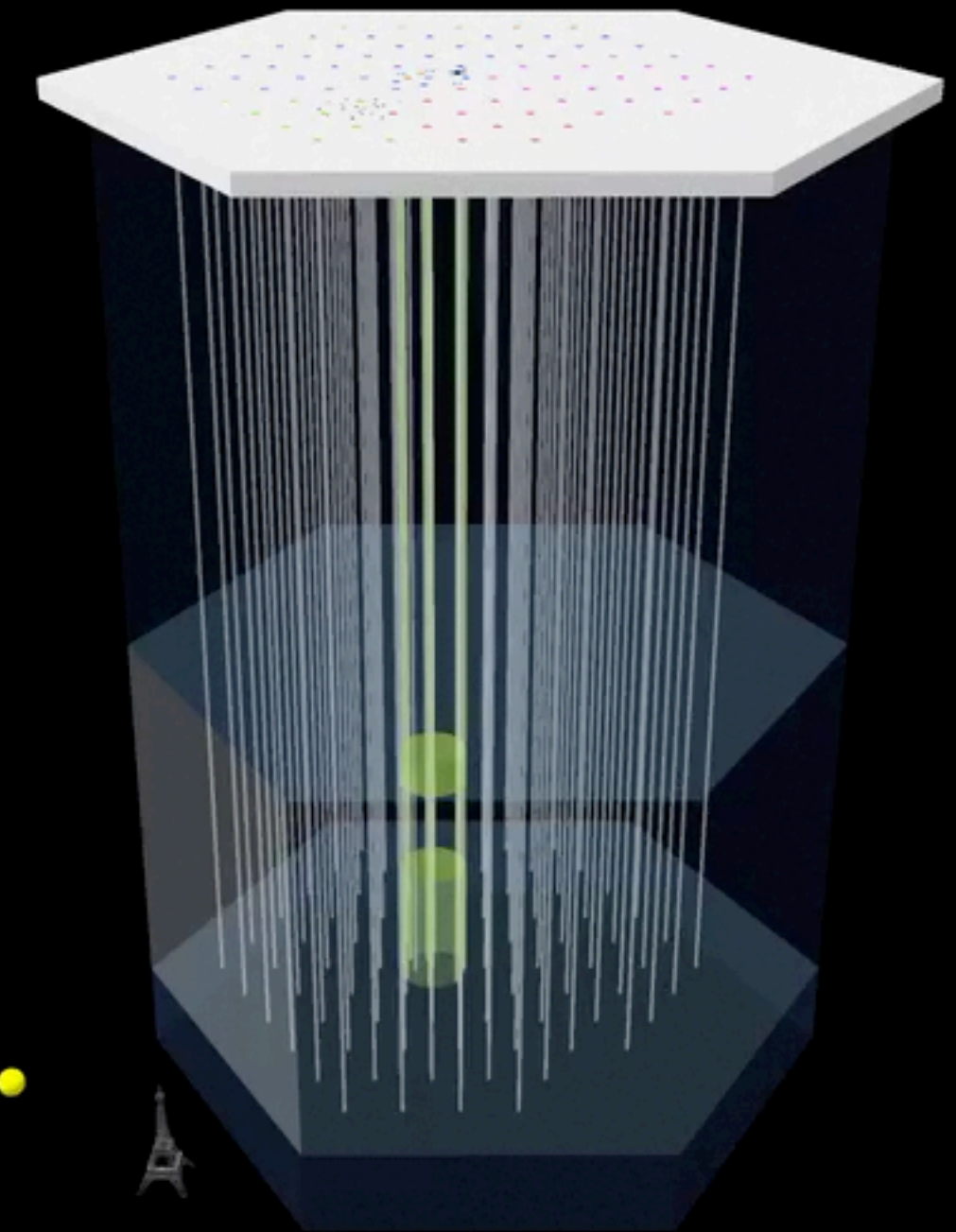
Ежегодно увеличивается на 0.1 куб. км



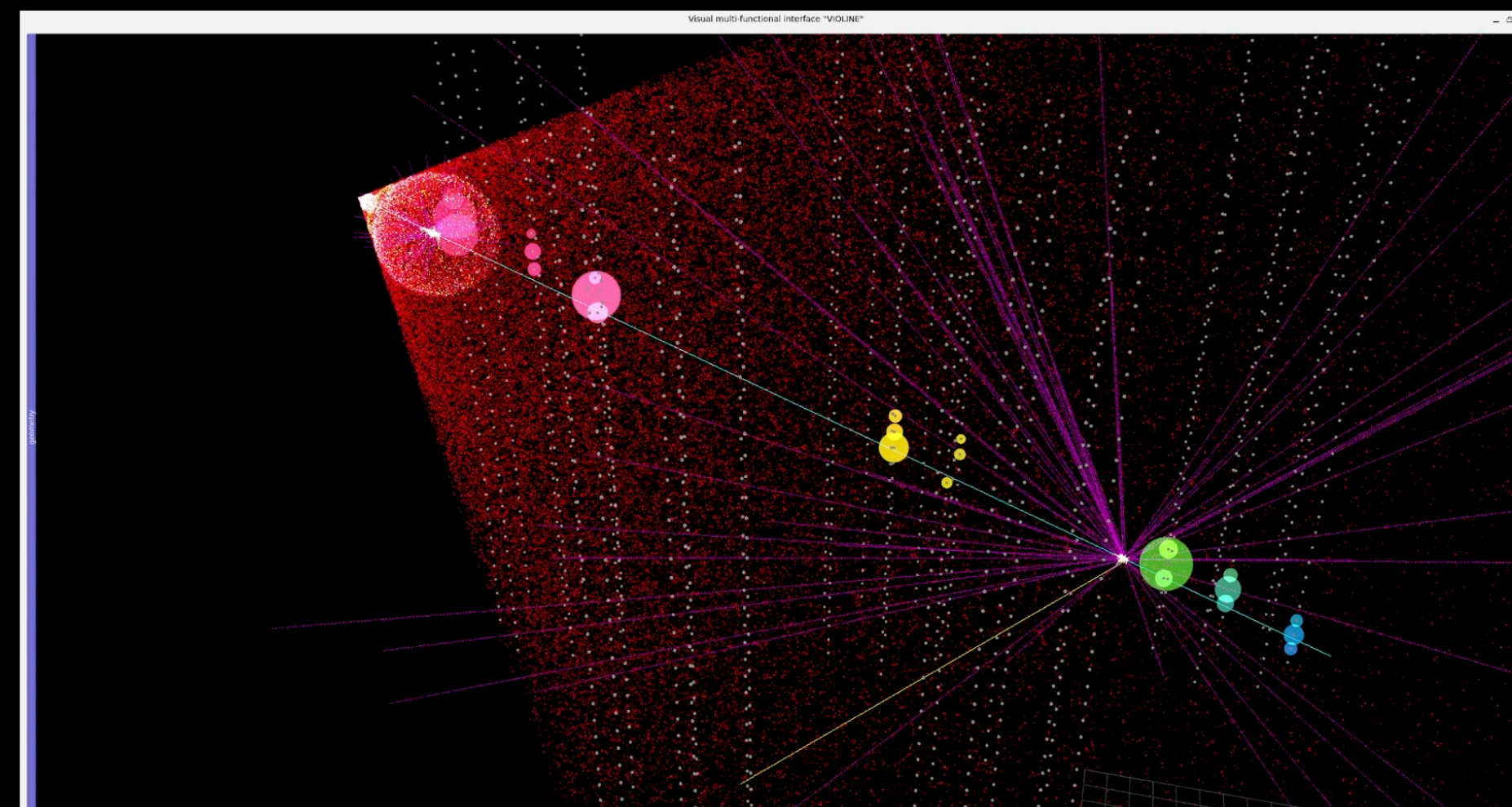
Первые результаты

Нейтрино сверхвысоких энергий

2013. IceCube обнаружил астрофизические нейтрино с энергиями в миллиарды раз больше энергии солнечных нейтрино



2023. Baikal-GVD подтвердил существование таких нейтрино!

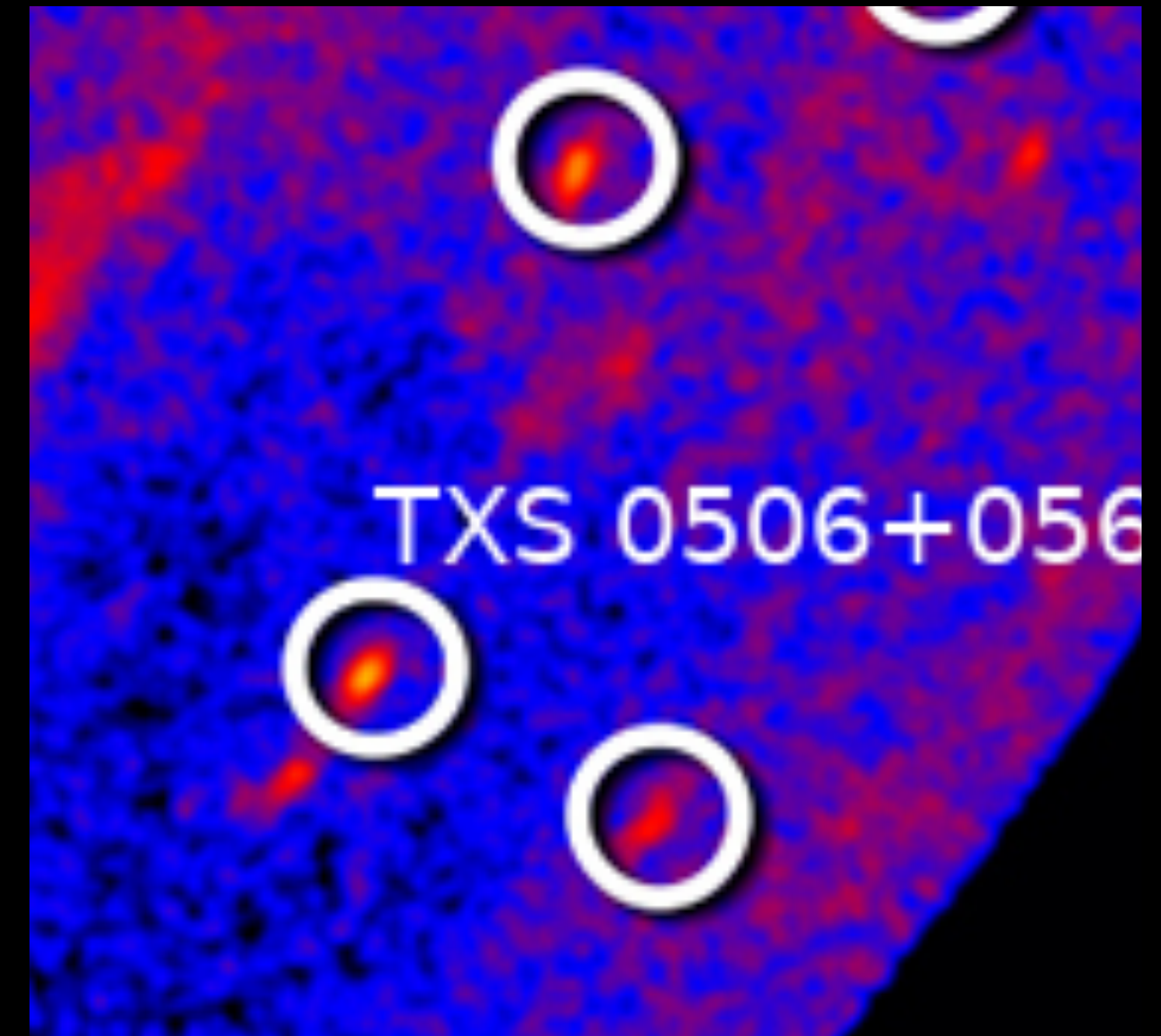
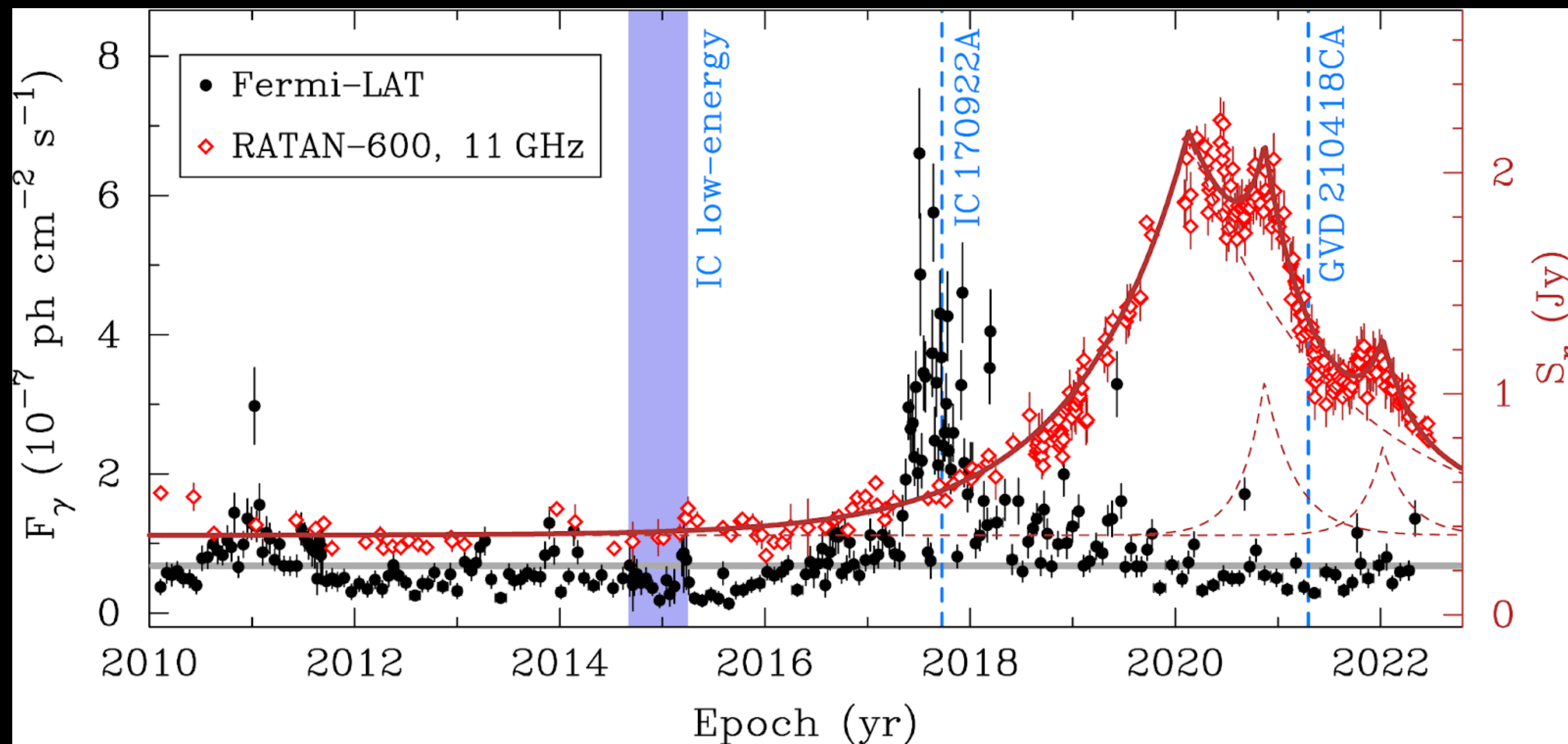


Нейтрино сверхвысоких энергий

2017. IceCube: 290 TeV нейтрино от TXS 0506+056

2021. Baikal-GVD: 224 TeV нейтрино от TXS 0506+056

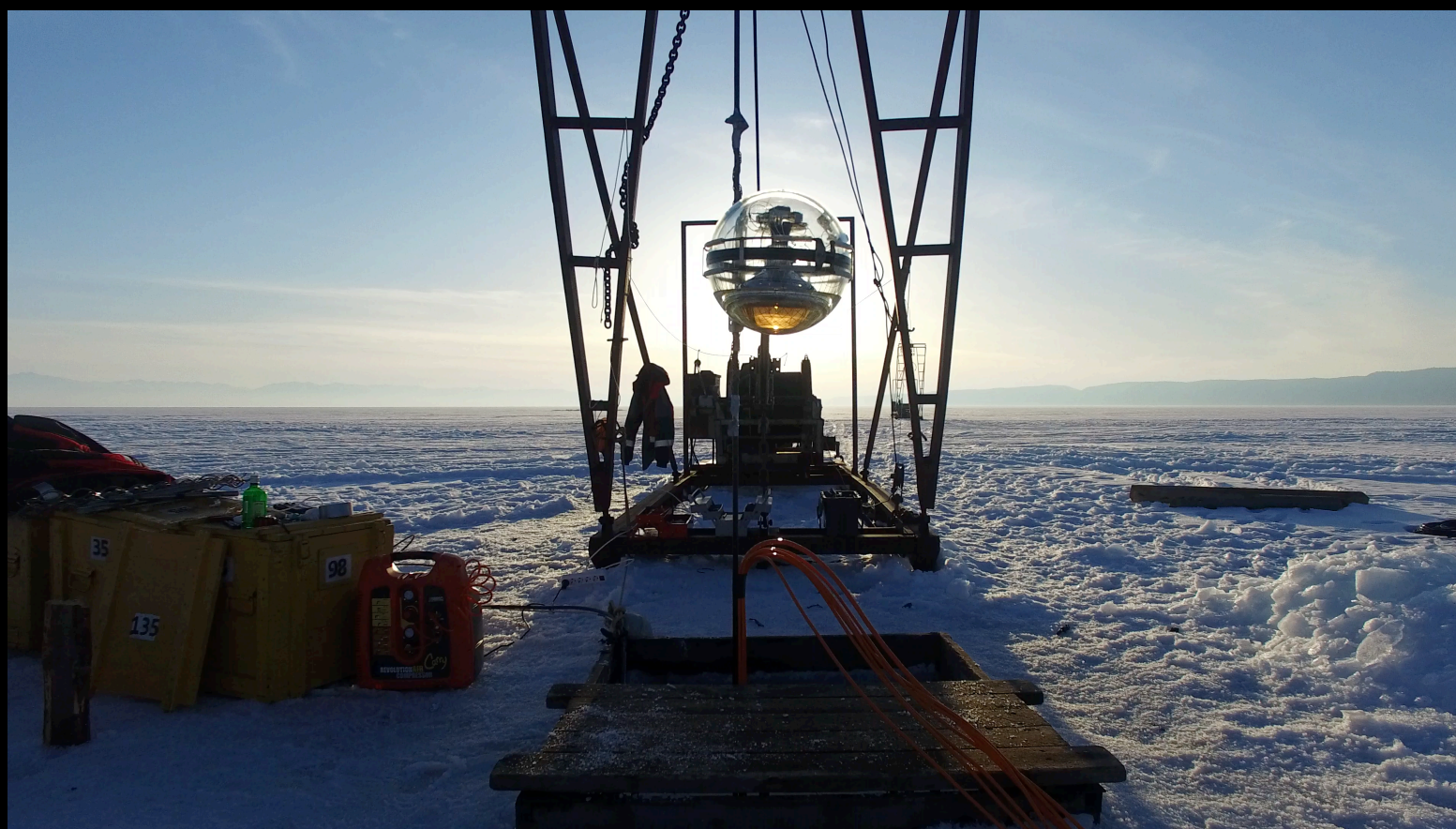
2021. RATAN-600: радио вспышка!



Расстояние: 5 миллиардов
световых лет

Plavin, Troitsky, Kovalev, Kovalev (2020)

Самый романтичный эксперимент



8 марта



Едем на обед



Смотрите ещё <http://dlnp.jinr.ru/ru/bajkalskij-dnevnik/bajkalskij-dnevnik-dmitriya-naumova>

Что дальше?

