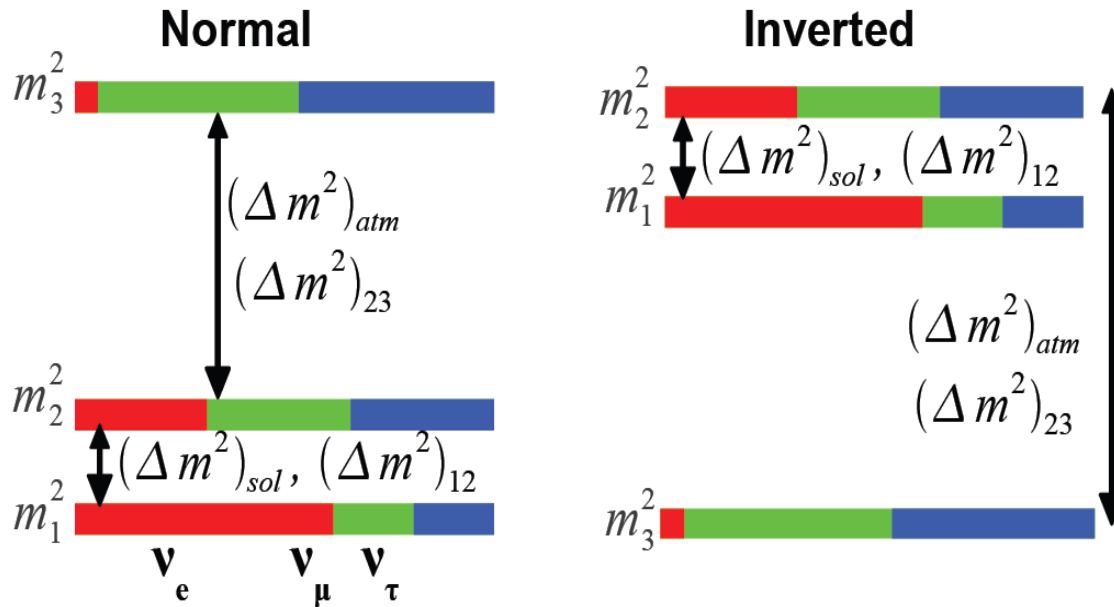


LAGUNA_LBNO

Статус и перспективы

$$\nu_\alpha = \sum_i U_{\alpha i} \nu_i.$$

$$U \simeq \begin{pmatrix} 0.8 & 0.5 & 0.2 \\ 0.4 & 0.6 & 0.7 \\ 0.4 & 0.6 & 0.7 \end{pmatrix}$$



$$\Delta m_{21}^2 = (7.62 \pm 0.19) \times 10^{-5} \text{ eV}^2$$

$$\Delta m_{31}^2 = \begin{cases} 2.53_{-0.10}^{+0.08} \\ -(2.40_{-0.07}^{+0.10}) \end{cases} \times 10^{-3} \text{ eV}^2$$

$$\nu_\alpha = \sum_i U_{\alpha i} \nu_i.$$

$$U = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu 1} & U_{\mu 2} & U_{\mu 3} \\ U_{\tau 1} & U_{\tau 2} & U_{\tau 3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & s_{13}e^{-i\delta} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13}e^{i\delta} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

$$\mathbf{S}_{12}, \mathbf{S}_{23}, \mathbf{S}_{13}, \Delta m_{21}^2, \Delta m_{31}^2, \delta$$

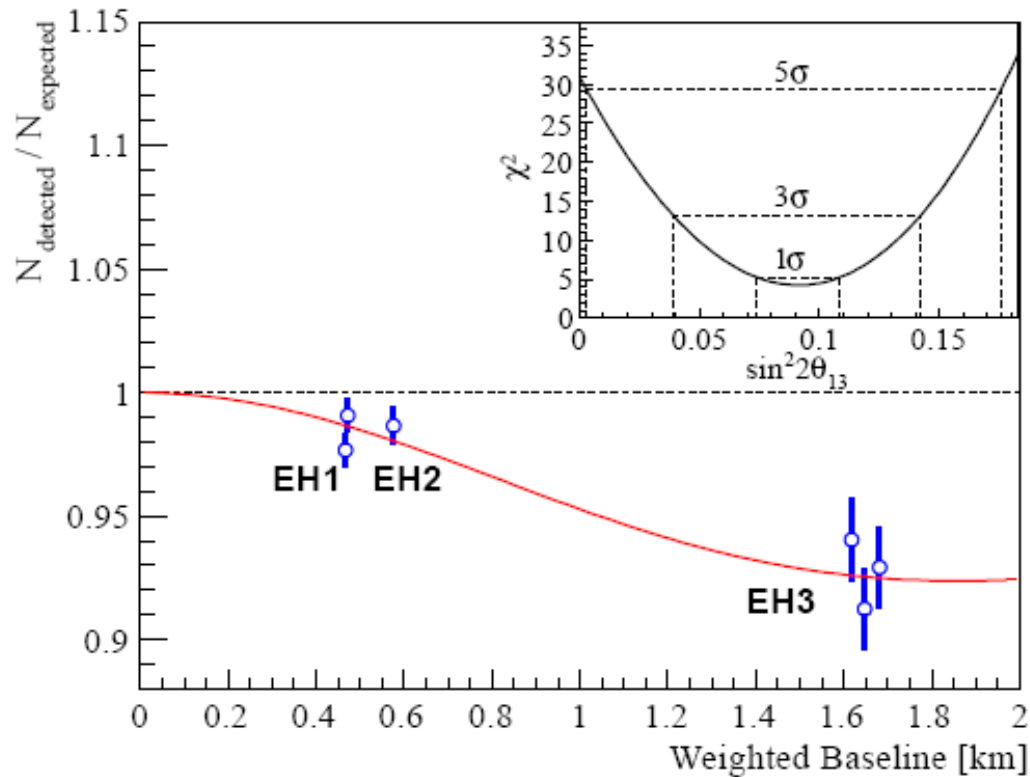
$$\left. \begin{aligned} \sin^2 \theta_{12} &= 0.320_{-0.017}^{+0.015} \\ \Delta m_{21}^2 &= (7.62 \pm 0.19) \times 10^{-5} \text{ eV}^2 \end{aligned} \right\} \text{Solar sector}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta m_{31}^2 &= \left\{ \begin{array}{l} 2.53_{-0.10}^{+0.08} \\ -(2.40_{-0.07}^{+0.10}) \end{array} \right\} \times 10^{-3} \text{ eV}^2 \\ \sin^2 \theta_{23} &= \left\{ \begin{array}{ll} 0.49_{-0.05}^{+0.08} & \text{for } \Delta m_{31}^2 > 0 \\ 0.53_{-0.07}^{+0.05} & \text{for } \Delta m_{31}^2 < 0 \end{array} \right\} \end{aligned} \right\} \text{Atmospheric sector}$$

$$\sin^2 \theta_{13} = \left\{ \begin{array}{ll} 0.026_{-0.004}^{+0.003} & \text{for } \Delta m_{31}^2 > 0 \\ 0.027_{-0.004}^{+0.003} & \text{for } \Delta m_{31}^2 < 0 \end{array} \right\} \text{1 - 3 sector,}$$

Не известна CP-фаза δ

Daya Bay results



$$R = 0.940 \pm 0.011 \text{ (stat)} \pm 0.004 \text{ (syst)},$$

$$\sin^2 2\theta_{13} = 0.092 \pm 0.016 \text{ (stat)} \pm 0.005 \text{ (syst)}$$

Что дальше ?

Согласно Конституции ЦЕРН,

**Совет ЦЕРН (*CERN Council*) является
ответственным за разработку
*Европейской стратегии по физике
частиц (The European strategy for particle
physics, ESPP),***

утверждаемой затем

**Советом министров стран Европейского
союза (*EU Council of Ministers*) .**

Roadmap АрРЕС/ASPERA ноябрь 2011

“Нейтринные исследования должны иметь самый высокий приоритет в Европейской стратегии по физике частиц “

**Проект LAGUNA –
один из шести
рекомендованных проектов**

Конференция в Кракове

- Абсолютная величина масс нейтрино
- **Иерархия масс нейтрино**
- **Нарушение CP-инвариантности в нейтринных осцилляциях (фаза δ)**
- **Унитарность матрицы смешивания нейтрино**
- Определение типа нейтрино (дираковские или майорановские частицы) в безнейтринном двойном бета-распаде
- Стерильные нейтрино

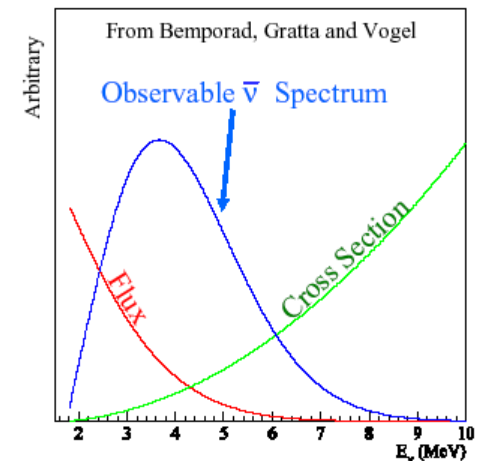
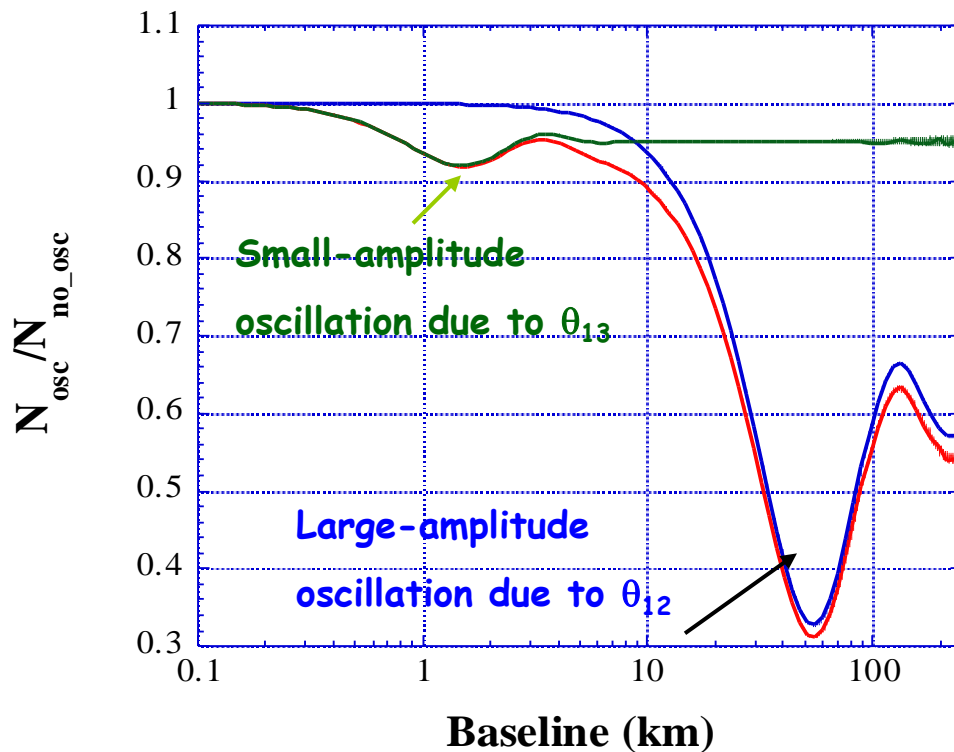
Проект обновленной Европейской стратегии по физике частиц должен быть представлен на рассмотрение в Совет ЦЕРН в марте 2013 года.

Окончательное принятие Советом ЦЕРН программы ESPP состоится летом 2013 года. Тогда же он будет представлен в Совет министров Европейского союза.

Reactor experiments:

$$P_{ee} \approx 1 - \sin^2 2\theta_{13} \sin^2 (1.27 \Delta m_{13}^2 L/E) - \cos^4 \theta_{13} \sin^2 2\theta_{12} \sin^2 (1.27 \Delta m_{12}^2 L/E)$$

$$\Delta m_{13}^2 = \Delta m_{23}^2 = (2.32 \pm 0.12/0.08) 10^{-3} \text{ eV}^2$$



$$E=4 \text{ MeV} \quad L=2.1 \text{ km}$$

The long baseline physics objectives comprise the precise investigation of all flavor oscillations

$$(\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\mu}, \nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}, \nu_{\mu} \rightarrow \nu_e)$$

with neutrinos and antineutrinos,

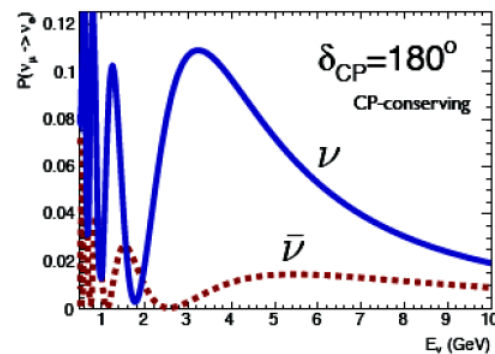
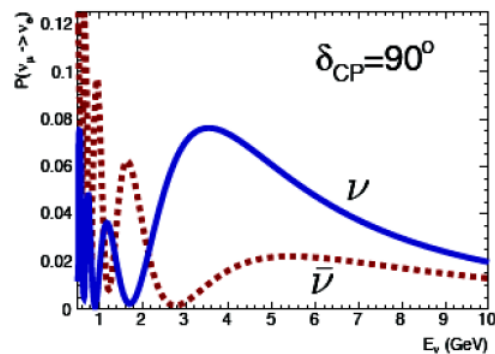
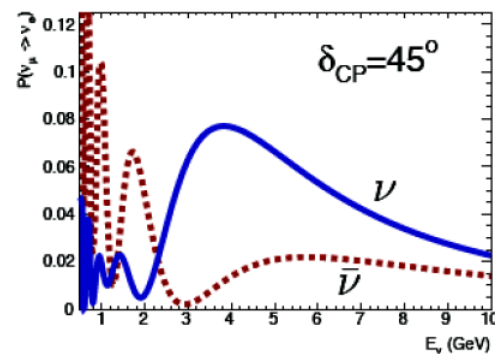
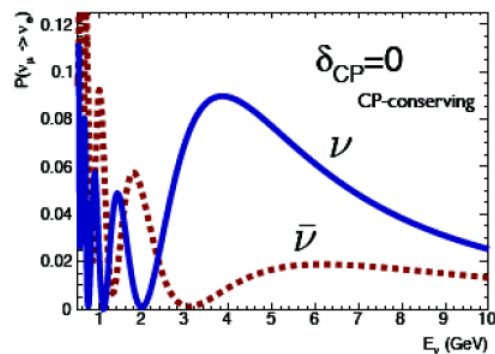
exploiting the energy spectrum information of the oscillation probability (L/E method) in appearance and disappearance modes,

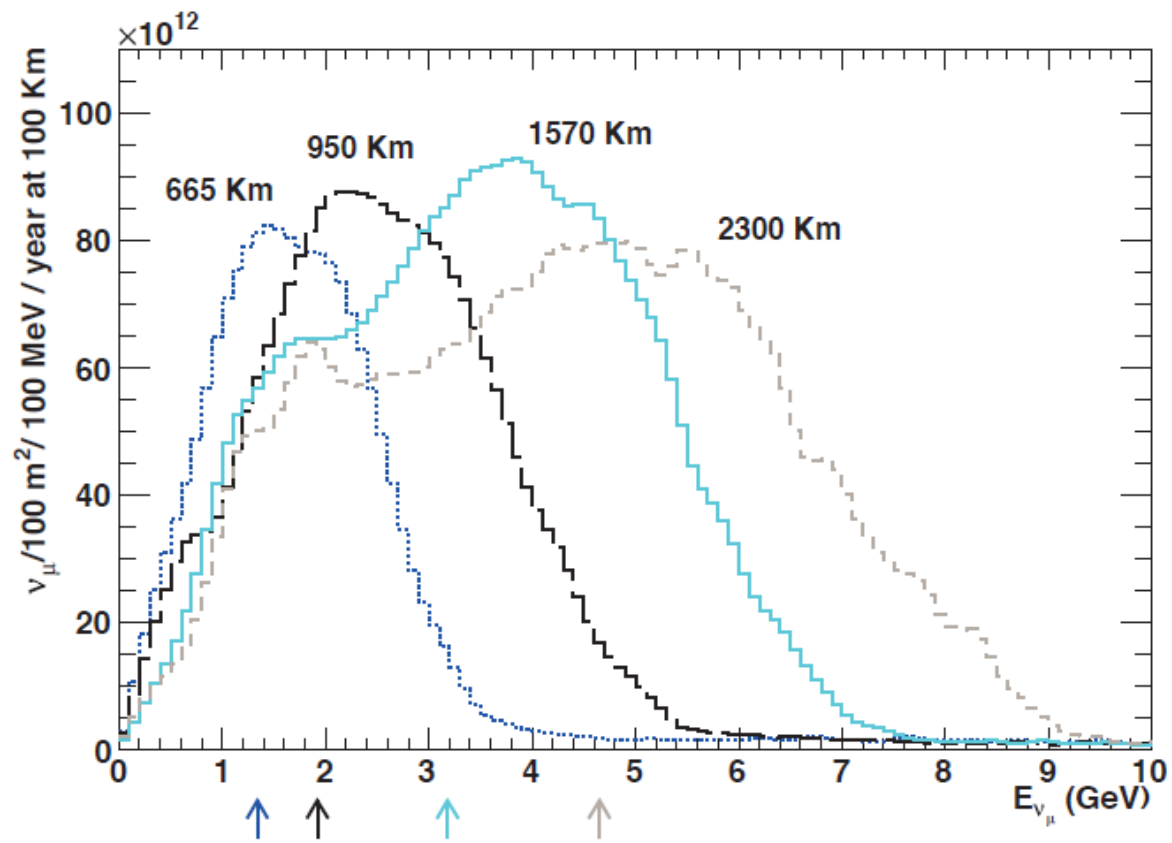
CERN-Pyhäsalmi: oscillations

★ Normal mass hierarchy

L=2300 km

$$\sin^2(2\theta_{13}) = 0.09$$



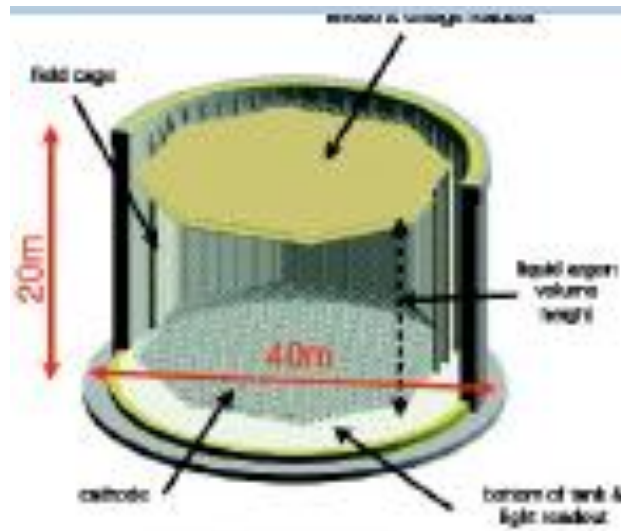
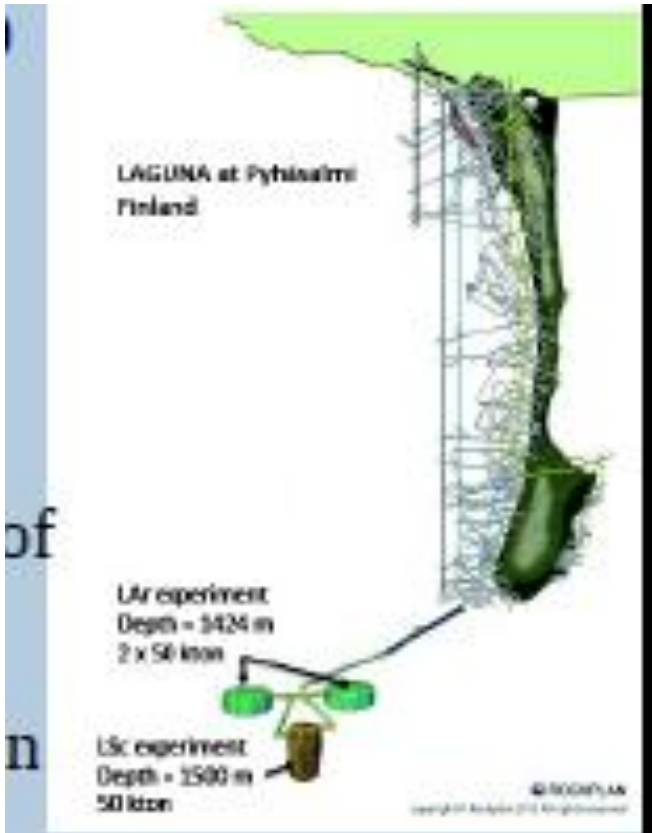


LAGUNA

European Next generation neutrino project

Neutrino physics
Astrophysics

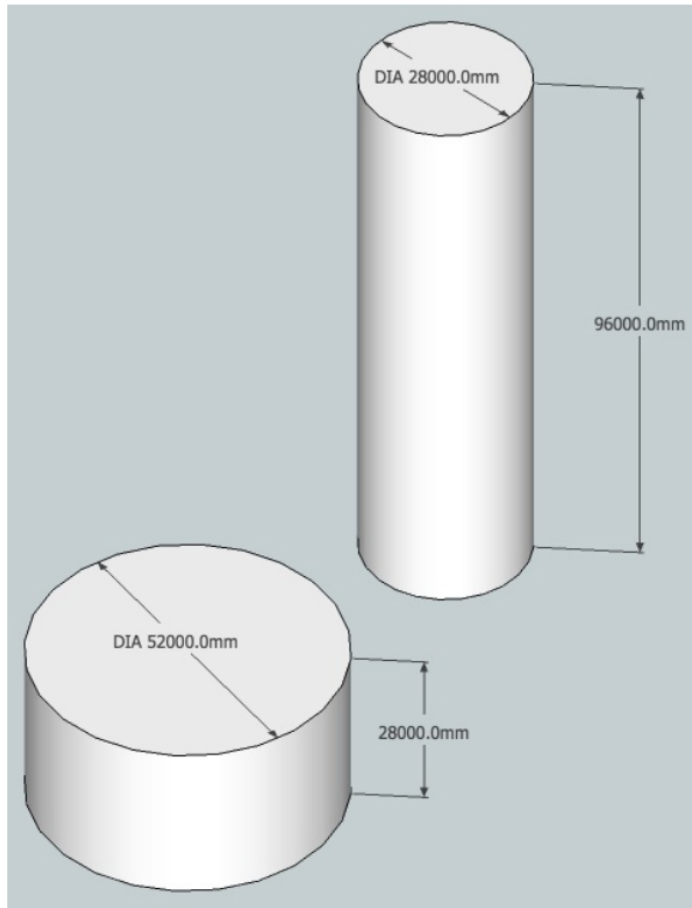
Pyhasalmi mine Finland
1500 m depth



30 kton liquid Ar detector



50 kton liquid scintillator detector



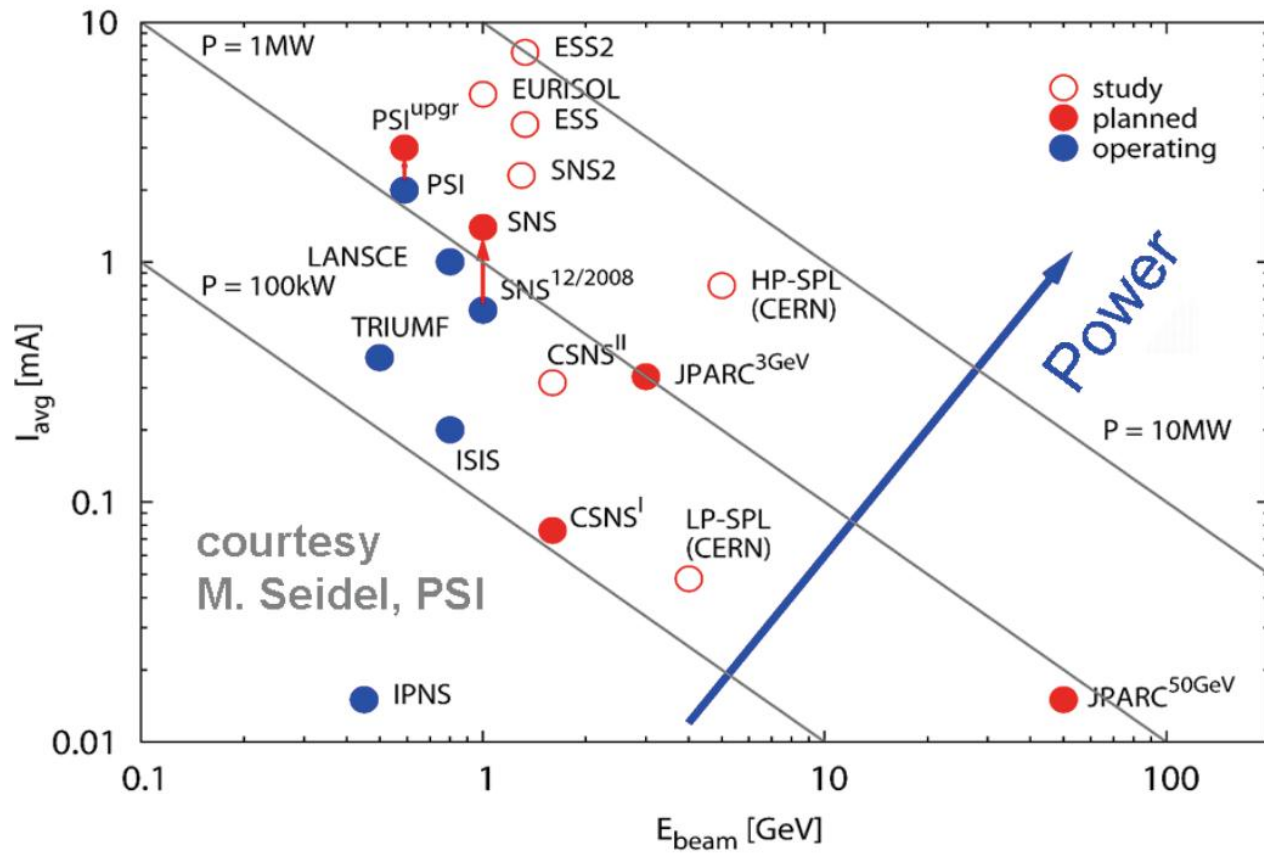
Classic (slim) vs. Alternative (sturdy) shape of LENA tank

Marked dimensions indicate fiducial volume for each option (roughly the volume enclosed by the Optical Modules).

The inner walls of the tank should be about 2m away.

The number of PMTs/m² would remain the same but the total number for Alternative Design would slightly decrease ~90%







Distance from Protvino to Pyhasalmi 1160 km



Good chance (for Protvino) to be a part of a world class experiment
What is needed?

Proton energy	50 (400) GeV
Intensity	$\sim 10^{14}$ ppp at 50 GeV
fast extraction	pulse width \sim a few μs
rate	0.5 -1 Hz
power	500 kW (?)
neutrino energy	0.5 - 3.0 GeV
decay tunnel	150 - 200 m, \sim5 deg downwards
near detector	500-700 m from target

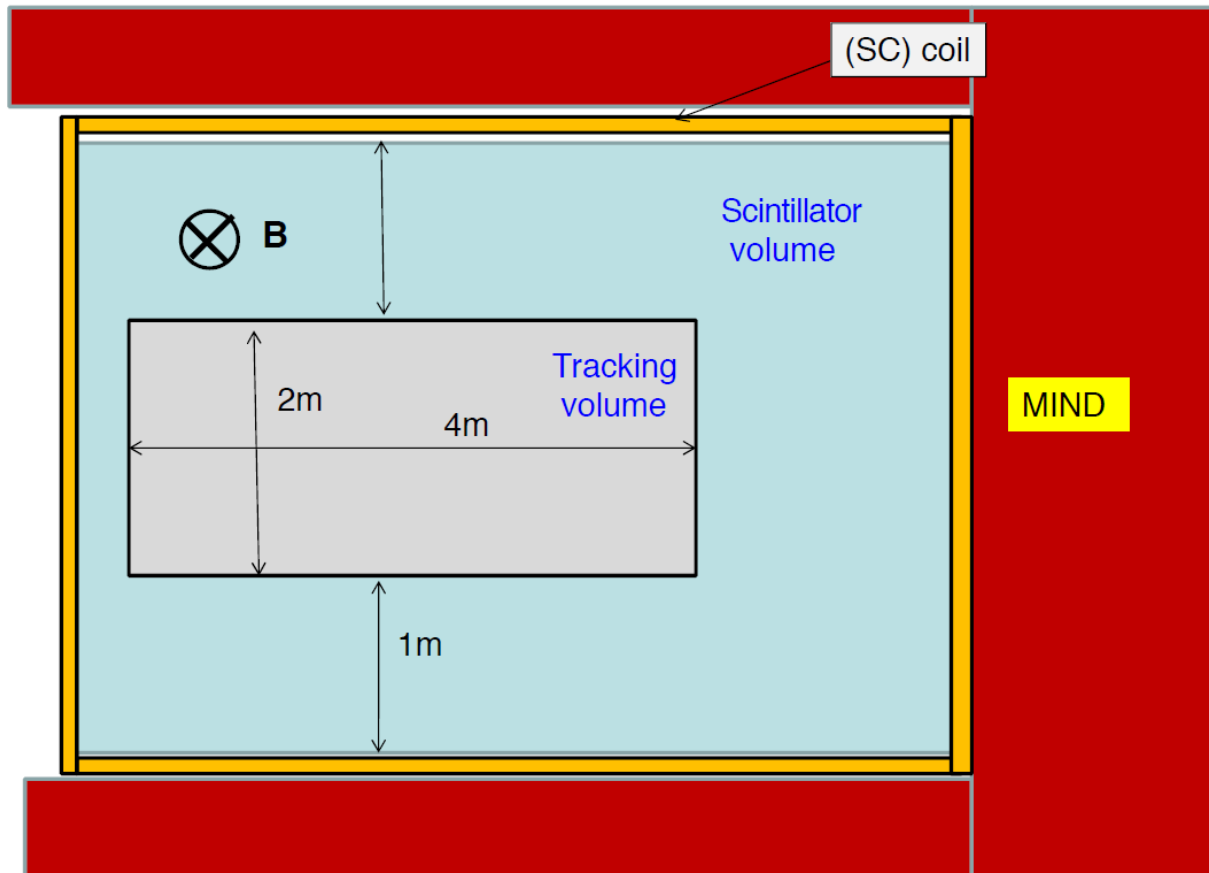
Important: first study shows that the neutrino tunnel (Pyhasalmi direction) and ND can be constructed on the IHEP site

Next meeting in Moscow: \sim 30 November

Официальное Предложение о постановке эксперимента LAGUNA-LBNO (*Expression of Interest for a very long baseline neutrino oscillation experiment*) было представлено в Научный Комитет ЦЕРН (CERN SPSC) 5-го июля 2012 года. В числе авторов Предложения 51 институт из 14 стран Европы, в том числе ИЯИ, ПИЯФ и ОИЯИ.

Коллаборация LAGUNA-LBNO считает, что при условии своевременного принятия решений и наличии финансирования, создание нейтринных детекторов и подземной нейтринной обсерватории в Ruhasalmi может быть завершено к 2024 году.

Ближний нейтринный детектор



Task 4.7 Near detector

Software and
design optimisation

T. Stainer (Liverpool)
Y. Karadzhov (UniGE)
+ ... ?

Detector R&D

E. Noah (UniGE)
A. Curioni (ETHZ)
Y. Kudenko (INR)
A. Vorobyov (PNPI)
M. Zito (CEA) + ... ?

Integration

Interest from Liverpool
(C. Touramanis)

Magnet

CERN ?
Engineering support from Liverpool
(C. Touramanis)

Preliminary