

Поиск стерильных нейтрино в β -распадах ядер по регистрации продуктов реакции

Презентация: Коротеев Г.А.
ИЯИ РАН, 15.01.14

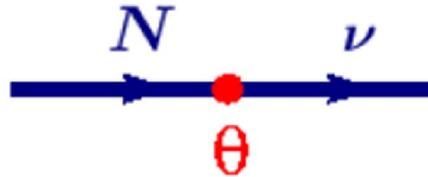
Содержание

1. Содержание дипломной работы:
 - Актуальность проблемы
 - Схема эксперимента
2. Майорановские нейтрино
3. GZK-эффект

Актуальность

- Совокупность экспериментальных данных говорит, что Стандартная Модель неполна:
 - Осцилляции нейтрино
 - Темная материя
 - Барионная асимметрия
- Одна из возможностей расширения модели - введение стерильных нейтрино
- Эксперименты по поиску стерильных нейтрино представляют большой интерес

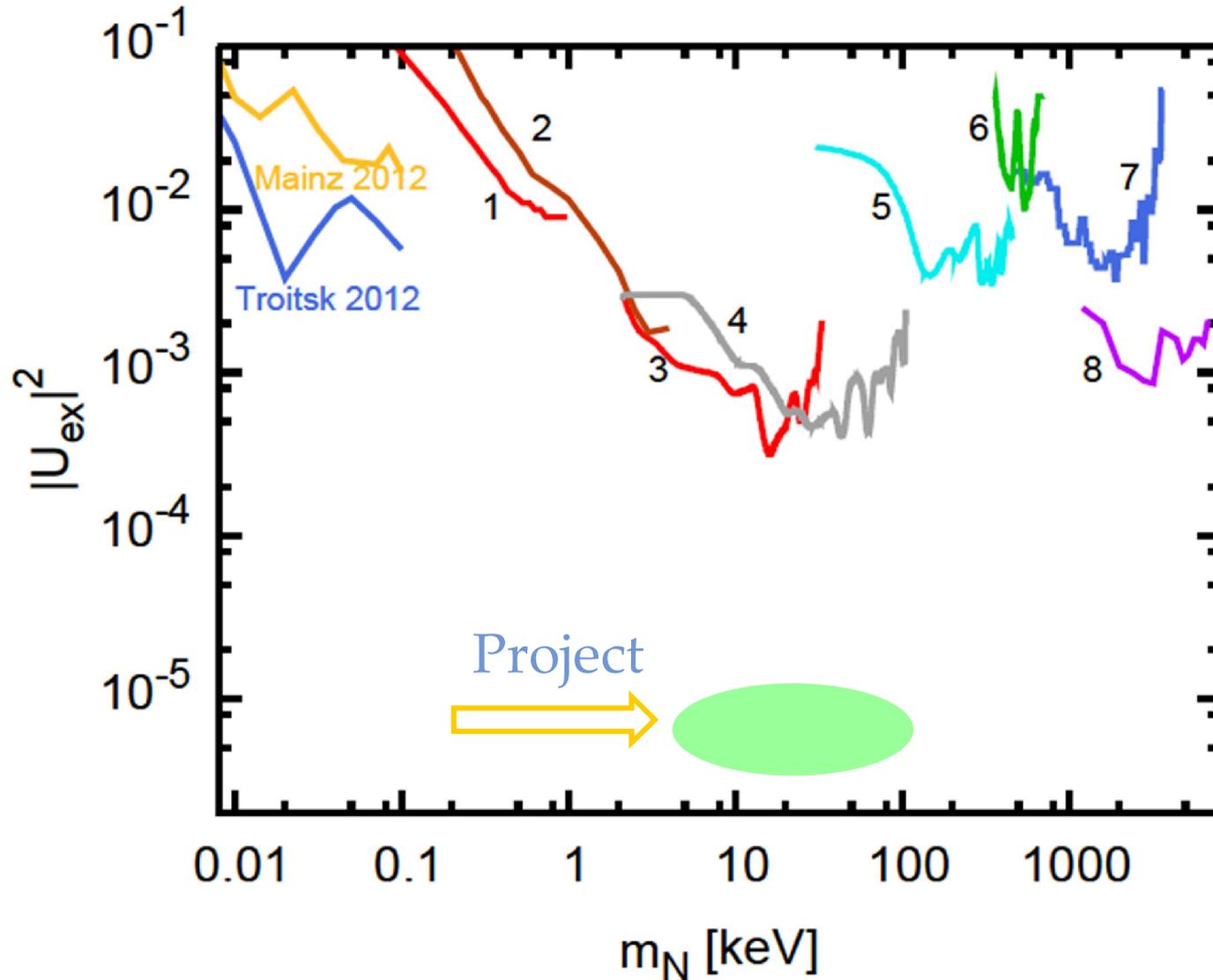
Вид стерильной компоненты



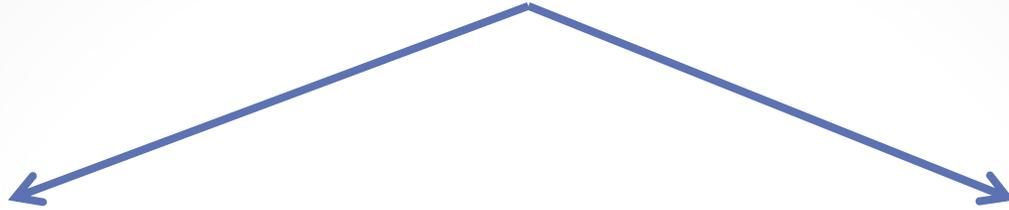
$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_{SM} = & -\frac{1}{2}\text{Tr}G_{\mu\nu}G^{\mu\nu} - \frac{1}{2}\text{Tr}V_{\mu\nu}V^{\mu\nu} - \frac{1}{4}B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} \\
 & + i\bar{L}_n\mathcal{D}^\mu\gamma_\mu L_n + i\bar{E}_n\mathcal{D}^\mu\gamma_\mu E_n + i\bar{Q}_n\mathcal{D}^\mu\gamma_\mu Q_n + i\bar{U}_n\mathcal{D}^\mu\gamma_\mu U_n + i\bar{D}_n\mathcal{D}^\mu\gamma_\mu D_n \\
 & - \left(Y_{mn}^l \bar{L}_m H E_n + Y_{mn}^d \bar{Q}_m H D_n + Y_{mn}^u \bar{Q}_m \tilde{H} U_n + h.c. \right) \\
 & + \mathcal{D}_\mu H^\dagger \mathcal{D}^\mu H - \lambda \left(H^\dagger H - \frac{v^2}{2} \right)^2 .
 \end{aligned}$$

$$\delta\mathcal{L} = \bar{N}_I i\partial_\mu\gamma^\mu N_I - f_{I\alpha}^\nu \Phi \bar{N}_I L_\alpha - \frac{M_I}{2} \bar{N}_I^c N_I + h.c.$$

Актуальность диапазона энергий



Источники



Конденсированные

Газовые

+

Малое
тепловое
размытие

$T \sim 0.001 \text{ K}$

-

Влияние
среды

+

Свободный
распад

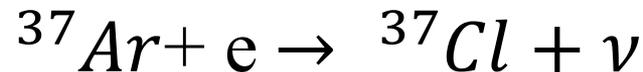
-

Заметное
тепловое
размытие

$T \sim 10 \text{ K}$

Газовые источники

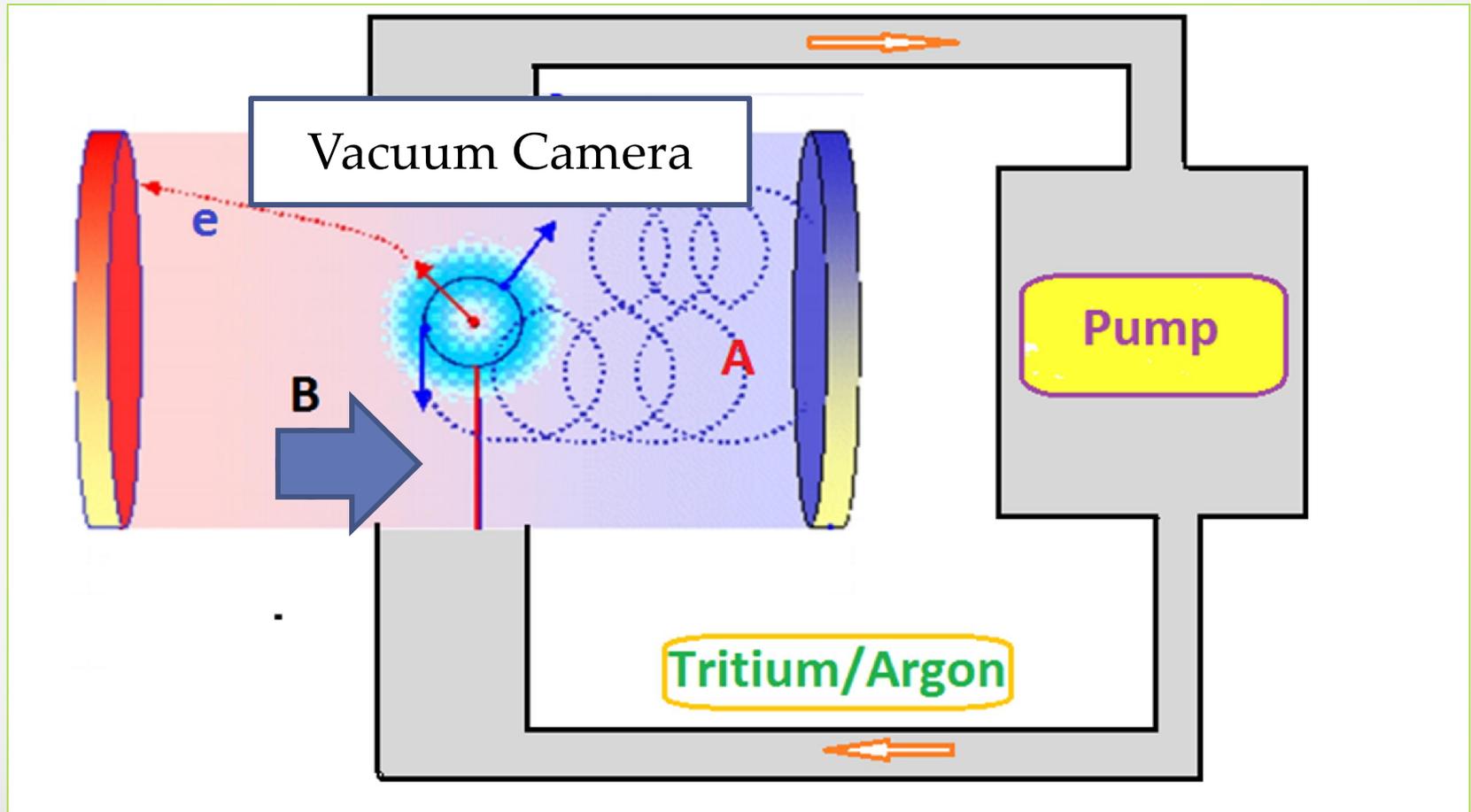
Можно использовать схемы как с β -распадом (T), так и с K -захватом (^{37}Ar).



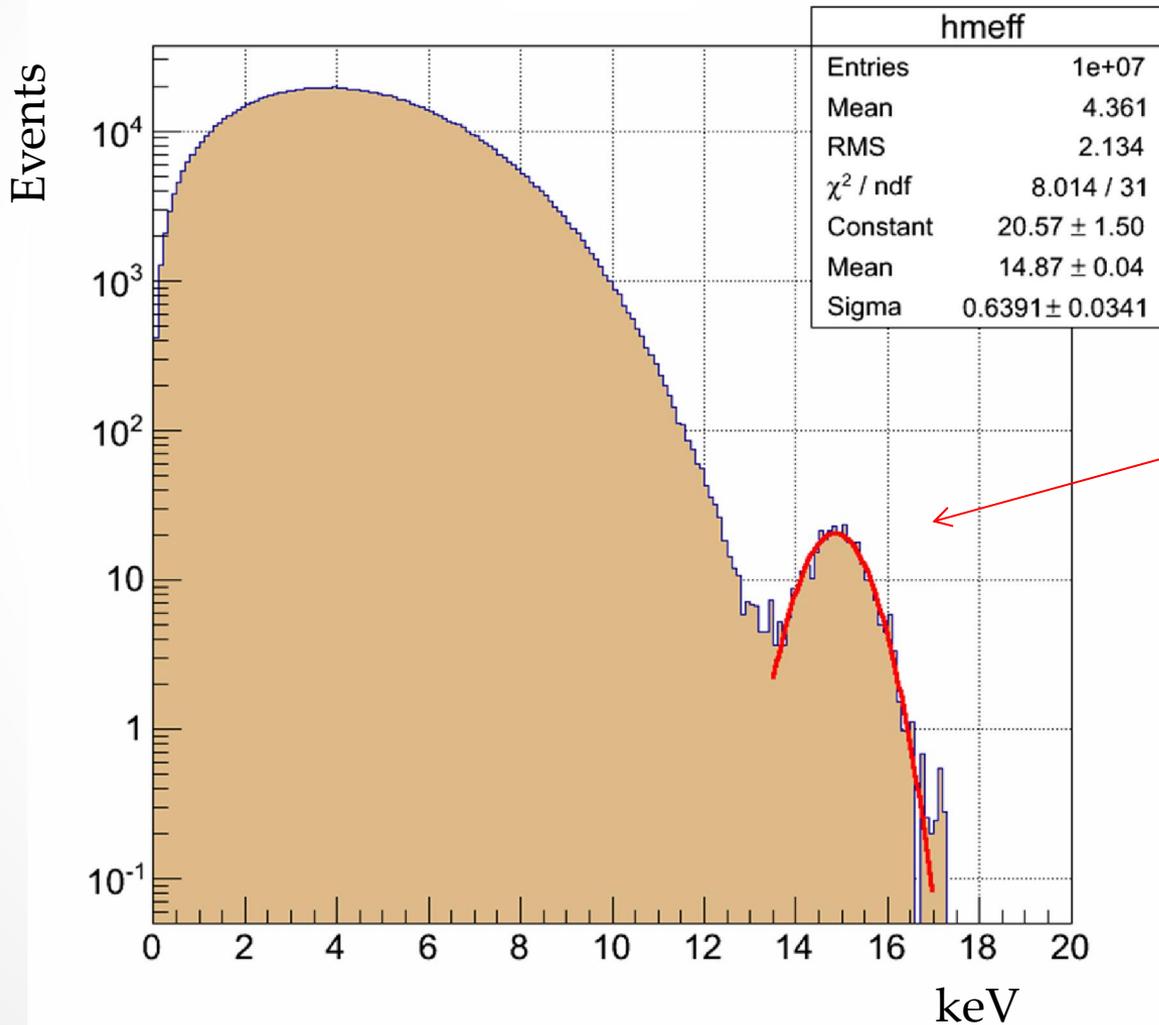
Массу находим как:

$$m_{\nu}^2 = (Q - E_e - E_p)^2 - (\mathbf{p} + \mathbf{k})^2$$

Схема эксперимента



Моделирование



$\Theta = 10^{-4}$
 $T = 10\text{K}$

Майорановские нейтрино

Под майорановскими частицами принято понимать частицы тождественные своим античастицам. То есть:

$$(i\gamma^\alpha \partial_\alpha - m) \psi(x) = 0. \quad (i\gamma^\alpha \partial_\alpha - m) \psi^c(x) = 0.$$

$$\psi^c(x) = C\bar{\psi}^T(x) \quad C\gamma_\alpha^T C^{-1} = -\gamma_\alpha; \quad C^T = -C.$$

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2}}\chi_1 + i\frac{1}{\sqrt{2}}\chi_2$$

$$\chi_1(x) = \frac{\psi(x) + \psi^c(x)}{\sqrt{2}}; \quad \chi_2(x) = \frac{\psi(x) - \psi^c(x)}{\sqrt{2}i}$$

$$\chi_{1,2}^c(x) = \chi_{1,2}(x)$$

Майорановские представление

$$\psi^c(x) = \psi^*(x)$$

$$P_i^\alpha = \int \sum_r p^\alpha a_r^\dagger(p) a_r(p) d^3 p$$



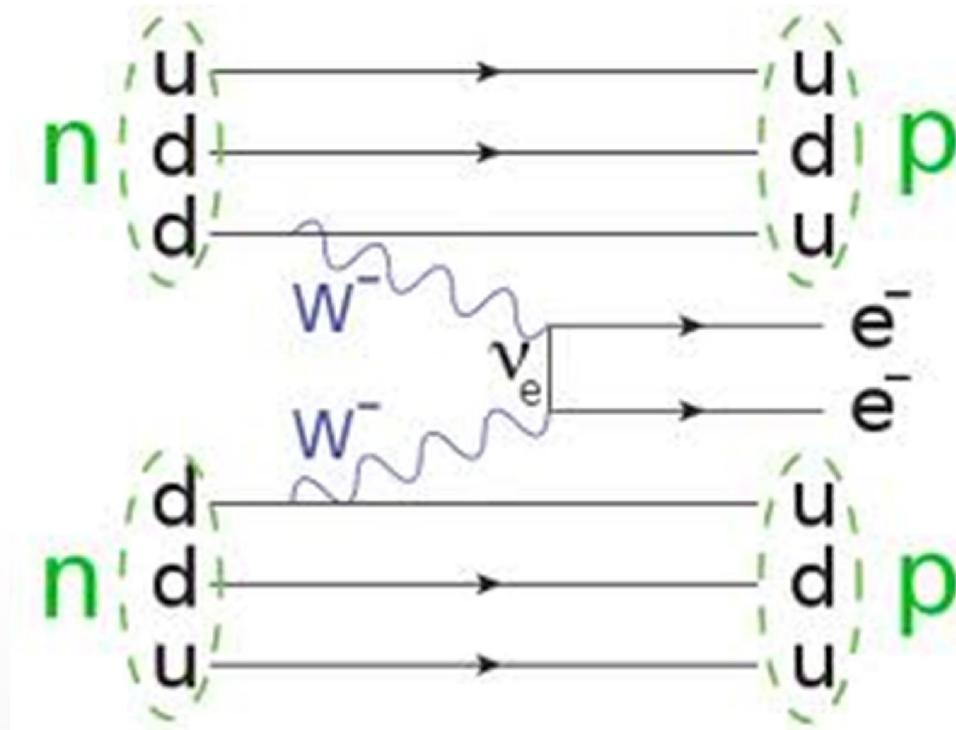
$$P^\alpha = \int \sum_r p^\alpha [c_r^\dagger(p) c_r(p) + d_r^\dagger(p) d_r(p)] d^3 p$$

$$\mathcal{L}^M = -\frac{1}{2} \bar{\nu}_L m (\nu_L)^c + \text{h.c.}$$

$$\nu_i^c(x) = \nu_i(x)$$

Майорановские нейтрино

$$(A, Z) \rightarrow (A, Z + 2) + e^{-} + e^{-}$$



GZK-эффект

Предел Грайзона-Зацепина-Кузьмина обусловлен взаимодействием протонов высоких энергий с реликтовым излучением.



$$\frac{\Delta E}{E} \approx 0,2$$

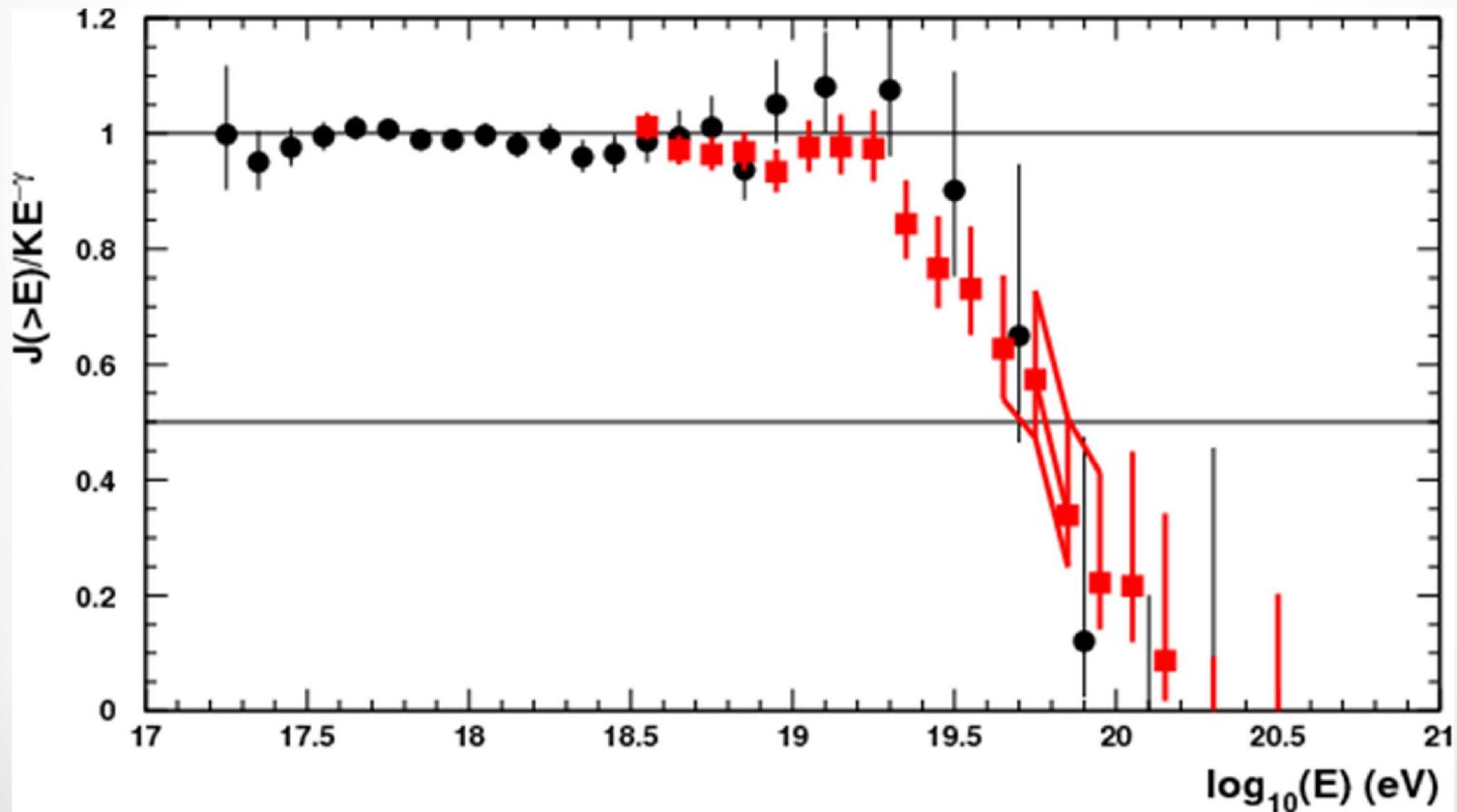
$$\sigma_{p\gamma} \sim 10^{-28} \text{ см}^2$$

$$L \sim \frac{1}{\sigma n} \sim 10 \text{ МПк}$$

$$H \simeq 50 \text{ МПк}$$

GZK-Эффект

$$E_p = \frac{(M_n c^2 + M_\pi c^2)^2 - (M_p c^2)^2}{4E_\gamma} = 3 \times 10^{20} \text{ eV}$$



Спасибо за внимание!